



Universidad Carlos III de Madrid
Escuela Politécnica Superior

Configuración de un servidor para el arranque de clusters personalizados

Proyecto Fin de Carrera de Ingeniería Técnica en
Informática de Gestión

Autor: Daniel Corroto Quirós
Director: David Expósito Singh
Codirector: Borja Bergua Guerra

Leganés, septiembre de 2015

Agradecimientos

A mis profesores por todo lo que me han enseñado

A mis tutores por el apoyo y esfuerzo

A mis compañeros de clase y trabajo por todo lo que he aprendido con ellos

A mis amigos por aguantarme

A mi familia por apoyarme

Índice de contenido

1	Introducción.....	8
1.1	Planteamiento del problema.....	8
1.2	Objetivos.....	8
1.3	Estructura del trabajo.....	8
2	Estado de la cuestión.....	9
2.1	Entornos de trabajo.....	9
2.1.1	Fat client.....	9
2.1.2	Diskless node.....	11
2.1.3	Thin client.....	14
2.1.4	Selección del entorno.....	17
2.2	Protocolos necesarios para el arranque.....	17
2.2.1	PXE.....	17
2.2.2	Servidor DHCP.....	20
2.2.3	Servidor TFTP.....	27
2.2.4	Servidor NFS.....	30
3	Gestión del proyecto.....	33
3.1	Análisis de requisitos.....	33
3.1.1	Definición de requisitos.....	33
3.2	Especificación de requisitos.....	38
3.3	Matriz de trazabilidad.....	47
3.4	Diseño del sistema.....	48
3.4.1	Descripción de la solución.....	48
3.4.2	Análisis de tecnologías utilizadas.....	48
3.4.3	Configurador automático de clusters.....	50
3.5	Detalles de implementación e implantación.....	72
3.5.1	Detalles de implementación.....	72
3.5.2	Detalles de implantación.....	72
3.6	Evaluación.....	73
3.6.1	Evaluación con respecto al microprocesador.....	73
3.6.2	Evaluación con respecto a la red.....	75
3.6.3	Análisis de resultados.....	78
4	Planificación.....	78
4.1	Presupuesto.....	79
4.1.1	Recursos humanos.....	79
4.1.2	Equipamiento.....	80
4.1.3	Coste de software.....	81
4.1.4	Coste de riesgo.....	81
4.1.5	Beneficios.....	81
4.1.6	Impuestos.....	81
4.1.7	Total.....	81
5	Conclusiones y trabajos futuros.....	81
5.1	Conclusiones.....	82
5.2	Trabajos futuros.....	82
5.3	Problemas encontrados.....	83

5.4 Conclusiones personales.....	83
6 Bibliografía utilizada.....	84
7 Apéndice: ficheros de configuración.....	88
7.1 GPXE.....	88
7.2 DHCP.....	88
7.3 TFTP.....	89
7.4 NFS.....	90
7.5 Base de datos.....	90

Índice de ilustraciones

Ilustración 1: Tipos de clientes.....	9
Ilustración 2: Línea del tiempo del arranque del diskless node.....	17
Ilustración 3: Diagrama de la línea de tiempo de intercambio de mensajes entre el cliente DHCP y los servidores al asignar una nueva dirección de red.....	21
Ilustración 4: Diagrama de transición de estados para clientes DHCP.....	23
Ilustración 5: Diagrama de la línea de tiempo de una transferencia de ficheros por TFTP.....	28
Ilustración 6: Diagrama de la línea de tiempo de la implementación del timeout para una transferencia de ficheros por TFTP.....	29
Ilustración 7: Formulario de login.....	53
Ilustración 8: Página principal de usuario.....	54
Ilustración 9: Página principal de administrador.....	55
Ilustración 10: Formulario para dar de alta usuarios.....	56
Ilustración 11: Formulario para modificar los permisos de usuario.....	56
Ilustración 12: Formulario para dar de baja usuarios.....	57
Ilustración 13: Vista de configuración de arranque.....	57
Ilustración 14: Vista de configuración de red.....	58
Ilustración 15: Formulario para subir sistema operativo.....	59
Ilustración 16: Formulario para seleccionar la modificación de sistema operativo.....	59
Ilustración 17: Formulario de modificación de sistema operativo.....	60
Ilustración 18: Formulario de eliminación de sistema operativo.....	60
Ilustración 19: Formulario de configuración de arranque de máquina.....	61
Ilustración 20: Formulario de configuración de arranque de grupo.....	61
Ilustración 21: Formulario de configuración de arranque de todas las máquinas.....	62
Ilustración 22: Formulario para configurar una máquina.....	63
Ilustración 23: Ilustración 23: Formulario para seleccionar la máquina a modificar.....	63
Ilustración 24: Formulario para modificar la configuración de una máquina.....	64
Ilustración 25: Formulario para eliminar máquinas.....	64
Ilustración 26: Formulario para crear un grupo de máquinas.....	65
Ilustración 27: Formulario para seleccionar la modificación de un grupo de máquinas.....	65
Ilustración 28: Formulario para modificar un grupo de máquinas.....	66
Ilustración 29: Formulario para eliminar un grupo de máquinas.....	66
Ilustración 30: Formulario para modificar la configuración de red.....	67
Ilustración 31: Formulario para modificar contraseña de usuario.....	68
Ilustración 32: Diagrama del Modelo Entidad-Relación de la configuración de las máquinas.....	69
Ilustración 33: Diagrama del Modelo Entidad-Relación de la configuración de los usuarios.....	69
Ilustración 34: Diagrama del Modelo Entidad-Relación de la configuración de la red.....	70
Ilustración 35: Tiempos de carga dependiente del procesador.....	75
Ilustración 36: Tiempos de carga dependiente de la red.....	77
Ilustración 37: Diagrama de Gantt.....	79

Índice de tablas

Tabla 1: Plantilla de requisitos.....	33
Tabla 2: RF-01.....	34
Tabla 3: RF-02.....	34
Tabla 4: RF-03.....	34
Tabla 5: RF-04.....	34
Tabla 6: RF-05.....	34
Tabla 7: RF-06.....	35
Tabla 8: RF-07.....	35
Tabla 9: RF-08.....	35
Tabla 10: RF-09.....	35
Tabla 11: RF-10.....	35
Tabla 12: RF-11.....	36
Tabla 13: RF-12.....	36
Tabla 14: RFO-01.....	36
Tabla 15: RFO-02.....	36
Tabla 16: RFO-03.....	36
Tabla 17: RFO-04.....	37
Tabla 18: RFS-01.....	37
Tabla 19: RFS-02.....	37
Tabla 20: RFS-03.....	37
Tabla 21: RFS-04.....	37
Tabla 22: RFR-01.....	38
Tabla 23: RFR-02.....	38
Tabla 24: RFR-03.....	38
Tabla 25: Plantilla de casos de usuario.....	39
Tabla 26: CU-01: Conexión al sistema.....	39
Tabla 27: CU-02: Añadir usuario al sistema.....	40
Tabla 28: CU-03: Modificar usuario del sistema.....	40
Tabla 29: CU-04: Eliminar usuario del sistema.....	40
Tabla 30: CU-05: Consulta de la configuración de arranque.....	41
Tabla 31: CU-06: Consulta de la configuración de red.....	41
Tabla 32: CU-07: Subir sistema operativo.....	41
Tabla 33: CU-08: Modificar un sistema operativo.....	42
Tabla 34: CU-09: Eliminar un sistema operativo.....	42
Tabla 35: CU-10: Configurar arranque de máquina.....	43
Tabla 36: CU-11: Configurar arranque de grupo.....	43
Tabla 37: CU-12: Configurar arranque de todos.....	44
Tabla 38: CU-13: Añadir máquina al sistema.....	44
Tabla 39: CU-14: Modificar máquina del sistema.....	45
Tabla 40: CU-15: Eliminar máquina del sistema.....	45
Tabla 41: CU-16: Crear grupo de máquinas.....	45
Tabla 42: CU-17: Modificar grupo de máquinas.....	46
Tabla 43: CU-18: Eliminar grupo de máquinas.....	46
Tabla 44: CU-19: Configurar red.....	46

Tabla 45: CU-20: Configurar password.....	47
Tabla 46: CU-21: Arranque del sistema operativo.....	47
Tabla 47: Matriz de trazabilidad.....	48
Tabla 48: Acciones de los usuarios del sistema según sus privilegios.....	50
Tabla 49: CP 1.1: Microprocesador Pentium.....	74
Tabla 50: CP 1.2: Microprocesador Pentium IV.....	74
Tabla 51: CP 1.3: Microprocesador AMD Athlon II.....	74
Tabla 52: Tiempos de carga dependiente del procesador.....	74
Tabla 53: CP 2.1: Arranque en una máquina.....	76
Tabla 54: CP 2.2: Arranque simultáneo en dos máquinas.....	76
Tabla 55: CP 2.3: Arranque simultáneo en tres máquinas.....	76
Tabla 56: CP 2.4: Arranque simultáneo en cuatro máquinas.....	77
Tabla 57: Tiempos de carga dependiente de la red.....	77
Tabla 58: Resultados de los casos de prueba.....	78
Tabla 59: Planificación.....	79
Tabla 60: Tiempo dedicado.....	79
Tabla 61: Costes de personal según su rol.....	80
Tabla 62: Coste total de personal.....	80
Tabla 63: Coste de equipamiento.....	80
Tabla 64: Coste total.....	81

1 Introducción

El objetivo de este proyecto es configurar un servidor Linux para que un grupo de clientes sin disco puedan arrancar y formar un *cluster* personalizado en el momento en que el usuario desee de una forma fácil y cómoda.

1.1 Planteamiento del problema

Hay ocasiones en las que es necesario realizar un gran desembolso económico para poder contar con un gran equipo de sistemas informáticos además de la dificultad de la instalación de nuevo software o actualizaciones en todas las máquinas. Para solucionar este problema se puede implementar una red de equipos.

Por un lado tenemos un servidor central. Este servidor cuenta con un servicio de configuración en el cual se puede configurar la red y los distintos sistemas operativos que se podrán cargar desde los clientes.

Por otro lado tendremos los clientes. Estas máquinas cuentan con un hardware mínimo, el cual cargará el arranque del sistema y posteriormente el sistema de ficheros. Una vez finalizada la carga, el usuario podrá utilizar el sistema normalmente de forma transparente.

Para la implementación de los clientes se utilizarán nodos *diskless* los cuales son un ordenador personal que emplea un arranque por red para cargar el sistema operativo.

1.2 Objetivos

El objetivo de este proyecto es, de acuerdo a las motivaciones:

- Construir una plataforma que permita la implementación de una red de nodos *diskless*
- Ahorro de costes de hardware gracias a que la mayor parte de la carga de la red se establece en un servidor central.
- Facilidad de configuración de entornos en los que se necesiten una gran cantidad de equipos con una configuración similar, como podrían ser: aulas, oficinas, etc.

1.3 Estructura del trabajo

El trabajo se estructura en los siguientes apartados. Introducción, una breve introducción del proyecto; estado de la cuestión, donde se realiza el estudio de las tecnologías utilizadas y el contexto del problema; gestión del proyecto, con toda la información relacionada la solución planteada y adoptada para resolver el problema además de la evaluación del sistema; planificación, plan del proyecto y el presupuesto para realizarlo; y conclusiones, conclusiones obtenidas tras el desarrollo del proyecto e ideas para posibles trabajos futuros

2 Estado de la cuestión

2.1 Entornos de trabajo

En esta sección se muestran las distintas opciones a la hora de configurar un equipo cliente en una arquitectura cliente-servidor.

La siguiente ilustración muestra el uso del servidor y el uso de requisitos propios de cada una de las opciones:

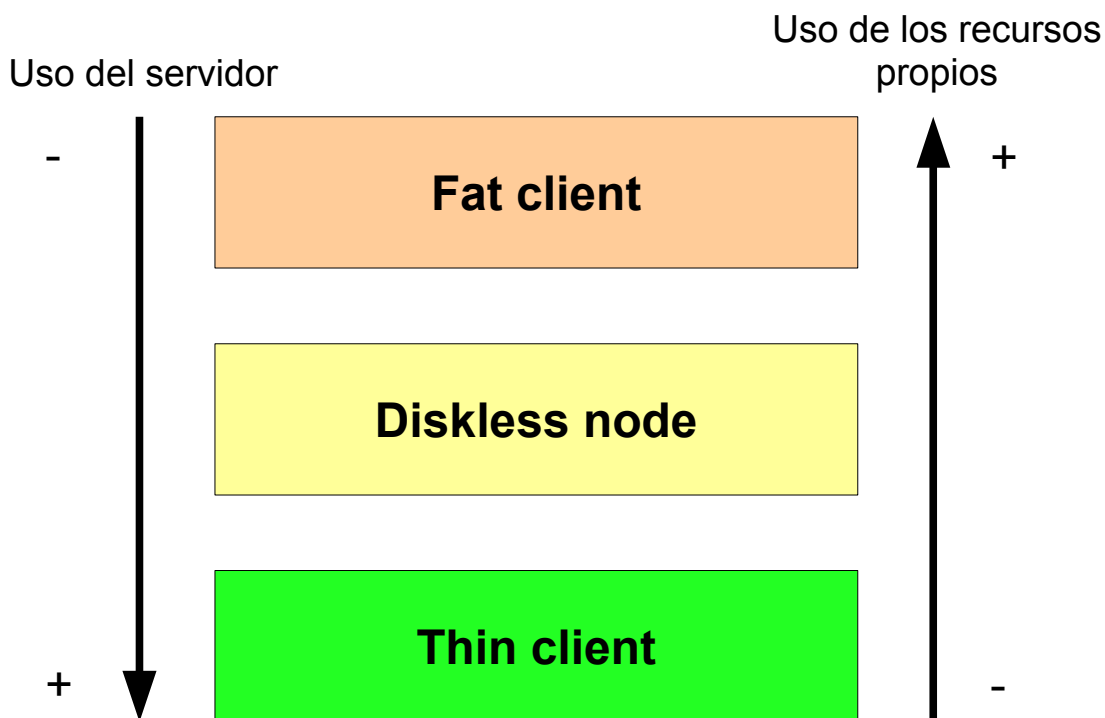


Ilustración 1: Tipos de clientes

2.1.1 Fat client

Un fat client es un ordenador (cliente) en la arquitectura cliente-servidor o redes donde la mayor parte de la carga se produce en el cliente. Originalmente se conocen como "cliente" o "cliente grueso", en contraste con cliente delgado, el cual describe un ordenador altamente dependiente del servidor.

Un cliente pesado requiere algunas conexiones periódicas a la red o al servidor central, pero se caracteriza por poder realizar las funciones sin la conexión. En contraste, un cliente liviano normalmente hace el menor proceso posible y accede al servidor cada vez que necesita procesar o validar datos.

Introducción

Durante el diseño de una aplicación cliente-servidor, una decisión importante es elegir qué partes que se van a ejecutar en el lado del cliente y qué partes en el lado del servidor. Esta decisión afecta de manera crucial el coste de los clientes y los servidores, la robustez de la seguridad de la aplicación y la flexibilidad del diseño para realizar posteriores modificaciones o portarlas.

Las características de la interfaz de usuario normalmente fuerzan la decisión de diseño. Por ejemplo, un paquete de dibujo puede elegir descargar una imagen inicial del servidor y permitir que las ediciones se hagan de manera local, devolviendo el dibujo modificado al servidor. Esto da como resultado una lenta puesta en marcha, pero una rápida edición de imagen.

Sin embargo, un cliente liviano descargaría sólo la parte visible del dibujo y empezaría a mandar cada operación al servidor para que lo modifique el dibujo. Esto da como resultado una puesta en marcha en poco tiempo, pero una edición de imagen muy lenta.

Ventajas de los clientes pesados

- Menor exigencia al servidor. Un cliente pesado no necesita una gran utilización del servidor como lo necesita un cliente ligero ya que la mayor parte del procesamiento lo hacen ellos. Esto repercute en clientes más baratos
- Trabajo offline. No necesitan estar conectados al servidor de manera constante.
- Mayor rendimiento multimedia. Tienen una gran ventaja en aquellas aplicaciones que necesitarían un gran ancho de banda si fuesen atendidos directamente desde el servidor. Como por ejemplo videojuegos
- Mayor flexibilidad. Algunos programas son diseñados para ejecutarse en ordenadores sobre sus propios recursos. Ejecutarlos en un entorno de servidor puede ser complicado.
- Utilización de la infraestructura. La mayoría de la gente tiene ordenadores bastante rápidos y ya tienen la infraestructura necesaria para ejecutar clientes pesados sin ningún coste extra.
- Mayor capacidad del servidor. La mayor parte de las aplicaciones se corren en el cliente, lo cual disminuye las necesidades del servidor e incrementa el número de usuarios a los que puede dar soporte.

Inconvenientes de los clientes pesados

El cliente pesado debe instalarse en todas las máquinas cliente y posteriormente actualizado en todas cuando sea necesario.

Pueden surgir incompatibilidades ya que puede que no todas las máquinas cliente tengan el mismo software.

Es necesaria una infraestructura para realizar la instalación y actualización de las máquinas, ya que puede ser inviable realizar estas tareas manualmente debido a una gran cantidad de máquinas cliente.

Cuando se renueva el hardware o software de los clientes deben realizarse pruebas para verificar la compatibilidad. [1][2]

2.1.2 Diskless node

Un *diskless node* es una estación de trabajo u ordenador personal sin discos duros, que emplea un arranque por red para cargar su sistema operativo desde un servidor. También se puede decir que una máquina es *diskless node* si tiene discos duros sin utilizar y utiliza arranque por red.

Los *diskless nodes* también son conocidos como ordenadores por red o cliente híbrido. Cliente híbrido puede ser utilizado para referirse a un *diskless node*, o puede ser utilizado en un sentido más estricto para referirse a un *diskless node* que corre parte, pero no todas, de las aplicaciones de forma remota como si fuera un *thin client*.

Las ventajas del *diskless node* son un coste reducido de producción, bajos costes de ejecución, menor ruido y bajo coste de administración.

En muchas universidades y grandes organizaciones, los ordenadores utilizan una configuración similar, con varias aplicaciones alojadas en remoto pero ejecutadas de manera local. Sin embargo, estos no son nodos sin disco si arrancan desde un disco duro local.

Distinción entre diskless node y computación centralizada

Los *diskless nodes* procesan datos, por lo tanto, utilizan su propia CPU y memoria para ejecutar software, pero no almacenan datos de manera persistente, sino que de esta tarea se encarga el servidor. Esto funciona de manera diferente en los *thin clients*, en los cuales el procesamiento se realiza en el servidor. El único software que se ejecuta en los *thin clients* es el software cliente el cual permite realizar operaciones simples de entrada y salida para comunicarse con el usuario.

La computación centralizada es un término que abarca tanto al *thin client* como a su predecesor tecnológico, las terminales. Ambos requieren gran cantidad de procesamiento en el servidor para poder realizar las tareas de los clientes.

Los *diskless node* se pueden ver como algo intermedio entre fat clients y la computación centralizada, utilizando un almacenamiento central por eficiencia pero sin tener el procesamiento de datos descentralizado, y haciendo un uso más eficiente del procesamiento incluso de los ordenadores con menos potencia.

Funcionamiento

El sistema operativo del *diskless node* se carga desde el servidor utilizando un arranque por red. En algunos casos se puede utilizar un almacenamiento extraíble para iniciar el arranque, como una memoria flash, un disquete, un CD o un DVD. Sin embargo, se puede configurar el

firmware de la mayoría de los ordenadores modernos para iniciar el arranque de forma automática, sin utilizar ninguno de estos medios extraíbles.

Después de que se haya iniciado el proceso de arranque, este se llevará a cabo de acuerdo a uno de estos tres principales propuestas:

- El kernel es cargado en memoria y el resto del sistema operativo es accedido a través de un sistema de ficheros en red (se crea un pequeño disco en memoria para almacenar ficheros temporales). A esta propuesta se le llama a veces "NFS root" cuando es utilizada en clientes Linux o Unix.
- El kernel del sistema operativo se carga y parte de la memoria del sistema se configura como disco RAM donde se almacenará el resto del sistema operativo. Esta implementación es la que usa Microsoft en Windows XP.
- Las operaciones de disco se virtualizan y son traducidas a un protocolo de red. Los datos que normalmente estarían en un disco duro son almacenados en discos virtuales alojados en el servidor. Las operaciones de lectura/escritura se traducen a su correspondiente solicitud de red, las cuales son procesadas por un servicio o demonio del servidor. Esta implementación es utilizada por Neoware Image Manager, Ardenice, VHD y varios productos de arranque sobre iSCSI. Se diferencia del primero en que en este caso lo remoto es el dispositivo de almacenamiento mientras que en el otro lo remoto es el sistema de ficheros. Por eso a esta propuesta se le llama a veces "Virtual Hard Disk" o "Network Virtual Disk" ("Disco Duro Virtual" o "Disco Virtual en Red"). Esta propuesta hace más fácil utilizar un sistema operativo cliente que tener una imagen de disco en memoria o utilizar sistemas de ficheros de solo lectura.

Comparación con fat clients

Instalación y mantenimiento del software

Con una sencilla imagen de sistema operativo para un grupo de máquinas (con quizá alguna personalización para diferencia de hardware), se puede instalar y mantener el software de manera eficiente. Además, cualquier cambio hecho en el sistema (utilización del usuario, virus, gusanos, etc) puede ser borrado cuando se apaga la máquina (si la imagen es copiada en RAM) o prohibida (si la imagen está en un sistema de ficheros en red). Esto permite el uso en sitios de acceso público (como librerías) o colegios donde los usuarios podrían intentar hackear el sistema.

Sin embargo, no es necesario implementar un arranque en red para conseguir estos beneficios ya que los ordenadores pueden ser configurados para descargar y reinstalar los sistemas operativos todas las noches.

Los *diskless nodes* modernos pueden compartir la misma imagen de disco utilizando una relación 1:N (compartir la misma imagen con N nodos). Esto hace que sea fácil instalar y mantener las aplicaciones. El administrador necesita instalar y mantener la aplicación una única vez, y los clientes pueden acceder a la aplicación tan pronto como arranquen la imagen modificada. Compartir la imagen de disco es posible porque utilizan escritura en caché:

ningún cliente puede escribir en una imagen compartida porque cada cliente escribe en su propia caché.

Todos los *diskless nodes* puede utilizar también una relación cliente-imagen de disco 1:1, donde el cliente posee una imagen y escribe directamente en ella, no utilizándose ninguna caché de escritura.

La modificación de una imagen de disco compartida se realiza de la siguiente manera:

1. El administrador hace una copia de la imagen de disco que quiere actualizar.
2. El administrador arranca un *diskless node* en modo no compartido (1:1) desde la copia de la imagen de disco que quiere hacer.
3. El administrador realiza la modificación a la imagen de disco.
4. El administrador apaga el *diskless node*.
5. El administrador comparte la imagen modificada.
6. Los *diskless nodes* utilizan la imagen compartida (1:N) en cuanto sean reiniciados

Almacenamiento centralizado

LA utilización de un almacenamiento centralizado hace que sea más eficiente el uso del disco. Esto hace que se reduzca el coste de almacenamiento permitiendo inventir en tecnologías más modernas como RAID. Además esto hace que haya menos posibilidad de pérdidas por fallos mecánicos o eléctricos.

Como suele ocurrir en informática, un aumento de la eficiencia de almacenamiento repercute en una disminución del rendimiento. Tener un gran número de nodos solicitando a la vez datos al servidor ralentiza el sistema. Sin embargo, esto puede ser mitigado instalando gran cantidad de memoria RAM en el servidor, añadiendo más servidores o añadiendo más discos al RAID.

Otras ventajas

Otro ejemplo de una situación donde un *diskless node* sería útil es en entornos peligrosos donde los ordenadores pudieran ser fácilmente dañados o destruidos, utilizando nodos baratos. En este ejemplo también se podrían utilizar *thin clients*.

Los *diskless nodes* también tienen un consumo y un ruido menos, lo que produce potencialmente beneficios medioambientales y los hace perfectos como ordenadores para un cluster.

Comparación con *thin clients*

Tanto los *diskless nodes* como los *thin clients* emplean clientes sin disco lo cual tiene ventajas con respecto a los fat clients, pero se diferencian en la localización del procesamiento de datos.

Ventajas del *diskless node* con respecto al *thin client*

- Carga distribuida. El procesamiento es distribuido en los *diskless nodes*. Cada usuario tiene su propio entorno aislado donde apenas interfieren con otros usuarios en la red siempre y cuando no utilice de forma intensiva el sistema de ficheros. Sin embargo, los *thin clients* se basan en el procesamiento centralizado lo que requiere un servidor más rápido. Cuando el servidor está ocupado ambos se ralentizan pero se nota más en los *thin clients*.
- Mejor rendimiento multimedia: al no compartir procesamiento con otros clientes en el servidor, los *diskless nodes* tienen ventaja con respecto a los *thin clients* en aplicaciones multimedia.
- Soporte de periféricos. Los *diskless nodes* son casi como un ordenador personal común pero sin discos duros, lo cual implica que en él se puede utilizar una gran cantidad de periféricos. Por el contrario los *thin clients* son pequeños y no tienen, o tienen muy limitada, capacidad de expansión.

Desventajas del *diskless node* con respecto al *thin client*

- El hardware es más barato en los *thin clients* ya que los requisitos de procesamiento son mínimos y normalmente no se dispone de la aceleración gráfica o soporte de sonido.
- El hardware de los *thin clients* no tiene que ser renovado cada poco porque la carga de procesamiento está en los servidores. En cambio, como los *diskless nodes* realizan el procesamiento. Los *thin clients* pueden necesitar en el futuro una actualización del servidor; mientras que los *diskless nodes* pueden necesitar una actualización del servidor, de los clientes o de ambos.
- Las redes con *thin clients* normalmente consumen menos ancho de banda porque una gran cantidad de datos son leídos y procesados en el servidor y sólo se transmiten al cliente una pequeña cantidad de datos cuando se tienen que mostrar. También la transferencia de imágenes es menos costoso que enviar programas enteros gracias a la compresión y optimización de datos.[3][4]

2.1.3 Thin client

Un *thin client* es un ordenador o un programa que tiene una gran dependencia de otro ordenador (el servidor) para realizar las tareas de un ordenador tradicional. Esto se diferencia con los tradicionales fat client, un ordenador diseñado para funcionar por sí mismo. El papel asumido por el servidor puede variar, desde proporcionar datos hasta procesar información.

Los *thin clients* son componentes de una estructura en donde muchos clientes comparten el procesamiento en el mismo servidor. Por tanto las infraestructuras se dedican a actividades donde los fat clients tienen mucha más potencia o potencia de la necesaria.

El tipo más común de *thin client* es una terminal que proporciona una interfaz de usuario gráfica. El resto de la funcionalidad, especialmente el sistema operativo, la proporciona el

servidor.

Historia

Los *thin clients* tienen su origen en los sistemas multi-usuario, normalmente en mainframes accedidas por terminales. Con la evolución de las interfaces gráficas, las terminales evolucionaron de proporcionar una interfaz en línea de comandos a una interfaz gráfica.

La mayoría de los entornos multiusuario son Unix con X terminal porque fueron muy populares en los años 90. Por su parte, Windows NT empezó a ser multiusuario y su sucesores permiten terminales gráficas gracias al servicio de Escritorio Remoto

El término fue acuñado en 1993 por Tim Negrís de Oracle. En aquel momento Oracle, con su software orientado a servidor, quería diferenciarse de Microsoft, con un software orientado a escritorio.

Programas thin clients

Una aplicación *thin client* es un programa que se basa en que el servidor procesa la mayoría o todo su trabajo.

Sin embargo, en el desarrollo web, las aplicaciones son más grandes debido a la adopción de tecnologías que necesitan una gran cantidad de procesamiento como Ajax y Flash. Estas tecnologías son la base de las aplicaciones Web 2.0

Único fallo

El servidor, considerando el proceso de carga para varios clientes, tiene un único fallo para los clientes. Hay aspectos positivos y negativos. Por un lado, como el software está confinado en el servidor los clientes no lo ejecutan, por tanto, sólo un pequeño número de ordenadores necesitan una seguridad rigurosa, en vez de cada cliente. Por otro lado cualquier ataque de denegación de servicio perjudicará muchos clientes, así que si un usuario tira el sistema, todos perderán sus datos temporales.

En redes pequeñas, este punto de fallo puede expandirse porque el servidor puede integrar también el sistema de ficheros y el servidor de impresoras. Esto simplifica la red y su mantenimiento pero incrementa los riesgos de ese servidor.

Hardware del cliente barato

Mientras que el servidor debe ser lo suficientemente robusto para mantener las sesiones de varios clientes a la vez, los clientes pueden estar compuestos por hardware mucho más barato que el de los fat client. Esto reduce el consumo eléctrico de estos clientes y hace que el sistema sea más escalable porque es muy barato conectar más terminales cliente. Los *thin clients* son normalmente una parte muy pequeña del coste, mientras que la mayor parte del coste recae en la infraestructura del servidor y las copias de seguridad. Esto también se refleja en el consumo eléctrico: los clientes consumen poco e incluso pueden no necesitar ventilación, pero los servidores realizan un gran consumo y necesitan estar en habitaciones

con una buena ventilación.

Simplicidad del cliente

Como los clientes están hechos con hardware barato y tiene pocas partes móviles pueden actuar en entornos más hostiles que los ordenadores comunes. Sin embargo, necesitan necesariamente una red que los conecte con el servidor, el cual debe estar aislado de entornos hostiles. Al ser tan baratos, tienen poco riesgo de robo o rotura y son fácilmente reemplazables.

Por otro lado, para alcanzar esa simplicidad, los *thin clients* son sistemas altamente integrados. Esto quiere decir que pueden ser menos accesibles y extensibles. Por ejemplo si un cliente no dispone de un servicio como puertos USB o falla la comunicación con el servidor de ese servicio, el cliente dejaría de tener soporte para ese tipo de periféricos.

Ultra-thin clients

Normalmente, un *thin client* corre un sistema operativo completo para conectarse con otros ordenadores. Actualmente hay un nuevo tipo de *thin clients* llamados *ultra-thin client* o zero client que ya no necesita ejecutar el sistema operativo completo: el kernel inicia la red, el protocolo de red y muestra por pantalla los mensajes del servidor.

Web thin clients

Los web *thin clients* se basan en software para la web para las aplicaciones y el almacenamiento de datos, eliminando de esta forma el único fallo y la necesidad de la asociación sistema operativo-aplicación-datos y las licencias de los *thin clients* tradicionales.

[5][6][7][8]

2.1.4 Selección del entorno

2.2 Protocolos necesarios para el arranque

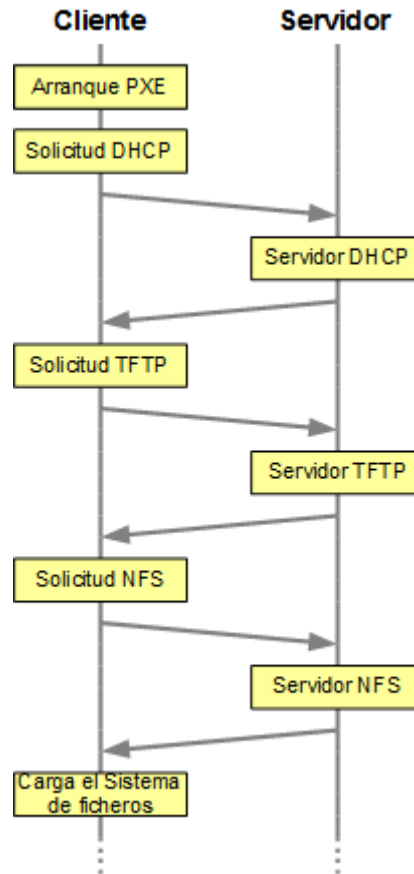


Ilustración 2: Línea del tiempo del arranque del diskless node

2.2.1 PXE

¿Qué es?

El Preboot eXecution Environment (PXE) es un entorno de arranque de ordenadores utilizando la interfaz de red sin utilizar dispositivos de almacenamiento o sistemas operativos instalados.

PXE se introdujo como parte del sistema Wired for Management de Intel y publicado por Intel y Systemsoft en Diciembre de 1999. Utiliza varios protocolos como IP (Internet Protocol), UDP (User Datagram Protocol), DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) y TFTP (Trivial File Transfer Protocol) y otros conceptos como GUID (Globally Unique Identifier), UUID (Universally Unique Identifier) y Universal Network Device Interface y extiende el

firmware del cliente PXE con una serie de API (Application Programming Interface).

Funcionamiento

El firmware del cliente intenta localizar el servicio de redirección PXE de la red (Proxy DHCP) para recibir la información de los servidores de arranque PXE disponibles. Tras analizar la respuesta, el firmware preguntará al servidor de arranque por la dirección del fichero NBP (Network Bootstrap Program), lo descargará vía TFTP alojándolo en memoria RAM, probablemente lo verificará, y finalmente lo ejecutará. Si sólo se utiliza un NBP para todos los clientes PXE puede especificarse utilizando BOOTP sin necesidad de ningún proxy DHCP, pero sigue siendo necesario el servidor TFTP.

Disponibilidad

PXE ha sido diseñado para poder utilizarse en muchos tipos de arquitectura. La versión 2.1 de la especificación incluye seis tipos de arquitectura, entre ellas IA-64 y DEC Alpha. Sin embargo, la especificación sólo incluye completamente IA-32.

Protocolo

El protocolo es una combinación de los protocolos DHCP y TFTP, aunque con unas pequeñas modificaciones en ambos. Se utiliza DHCP para localizar al servidor de arranque apropiado y TFTP se utiliza para descargar el programa inicial de arranque y los ficheros adicionales.

Al iniciarse el arranque, el firmware PXE envía por broadcast un paquete DHCPDISCOVER extendido con unas opciones específicas de PXE al puerto del servidor DHCP (normalmente el 67 UDP). Las opciones PXE identifican el firmware, pero estas serán ignoradas por los servidores DHCP comunes. Si el firmware recibe paquetes DHCPOFFER de los servidores se configurará de acuerdo a una de las configuraciones ofertadas.

Proxy DHCP

Si el servicio de redirección PXE (Proxy DHCP) recibe un paquete DHCPDISCOVER extendido, responde un un mensaje DHCPOFFER extendido al cliente por el puerto 68/UDP (puerto cliente DHCP).

Un paquete DHCPOFFER extendido contiene principalmente

- Un campo PXE Discovery Control para decidir si se va a utilizar multicast, broadcast o unicast para comunicarse.
- Una lista de direcciones IP de cada PXE Boot Server Type disponible
- Un PXE Boot Menu donde cada entrada representa a un PXE Boot Server Type
- Un PXE Boot Prompt pidiendo al usuario que pulse una tecla para ver el menú de arranque
- Un tiempo de espera para lanzar la primera entrada del menú si finaliza la cuenta atrás

El servicio Proxy DHCP puede ejecutarse también en el mismo host que el servicio DHCP estándar. Como ambos servicios no comparten el puerto 67/UDP, el Proxy DHCP se ejecuta en el puerto 4011/UDP y espera que los clientes PXE le envíen paquetes DHCPDISCOVER extendido. El servicio DHCP estándar tiene que enviar una combinación especial de opciones PXE en el paquete DHCPOFFER, así que el cliente PXE sabe buscar el Proxy DHCP en el mismo host, en el puerto 4011/UDP.

Contacto con el servidor de arranque

Para contactar con el servidor de arranque PXE el sistema debe tener una dirección IP, por ejemplo obtenida a través de un servidor DHCP.

Envía un paquete DHCPREQUEST extendido (con las opciones específicas de PXE) por multicast o unicast por el puerto 4011/UDP o por broadcast por el puerto 67/UDP. Este paquete contiene el tipo de PXE Boot Server y la PXE Boot Layer, permitiendo a múltiples tipos de servidor de arranque correr en el mismo demonio. El paquete DHCPREQUEST extendido puede ser un DHCPINFORM.

El PXE Boot Server recibe un paquete DHCPREQUEST extendido configurado para el tipo requerido y la arquitectura del cliente responde con un paquete DHCPACK extendido que incluye:

- La ruta completa para obtener el NBP (Network Bootstrap Program) vía TFTP
- el tipo de servidor de arranque PXE y la capa de arranque PXE
- La configuración multicast TFTP, si debe utilizarse multicast TFTP

El sistema de arranque acepta la información sólo de un paquete DHCPOFFER extendido.

La versión 2.1 del PXE Boot Server soporta "Boot Integrity Services" (Servicios de Integridad de Arranque) que permiten al cliente verificar el NBP descargado utilizando un fichero checksum que es descargado del mismo servidor de arranque que el NBP.

Para obtener la ruta de este fichero es necesario otro intercambio de paquetes DHCPREQUEST y DHCPACK.

Programa de arranque

Tras recibir el paquete DHCPACK solicitado, el *Network Bootstrap Program* es descargado y ejecutado en la RAM del cliente. Tiene acceso a las API del firmware PXE (Pre-boot, UDP, TFTP, Universal Network Device Interface, UNDI). Su funcionalidad o misión no está descrita en la especificación de PXE.

Integración

El protocolo PXE fue diseñado para:

- Poder ser usado en una red con DHCP sin que se produzcan interferencias.
- Poder ser integrado en servicios DHCP.

- Poder ser extendido con facilidad en los puntos más importantes.
- Poder implementar de forma independiente cualquier servicio (DHCP, proxy DHCP, Boot Server) o cualquier combinación de ellos.

La utilización de servidores DHCP y TFTP existentes no dan como resultado una implementación conforme. Algunos aspectos del protocolo PXE necesitan que los servidores DHCP y TFTP se modifiquen y se comuniquen.[10][11][12][13]

2.2.2 Servidor DHCP

¿Qué es?

DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) es un protocolo de autoconfiguración usado en redes IP. Todas las máquinas que se conectan a redes IP deben ser configuradas antes de poder comunicarse con otras máquinas de la red. DHCP permite a las máquinas una configuración automática, eliminando la necesidad de un administrador de red. También proporciona una base de datos para guardar el rastro de las máquinas que se han conectado a la red. Esto evita que dos máquinas se configuren con la misma dirección IP de forma accidental.

Además de la dirección IP, DHCP también proporciona otra información de configuración, especialmente la dirección IP del DNS. Los hosts que no utilizan DHCP para la configuración de direcciones pueden todavía utilizarlo para obtener la información de configuración.

Hay dos versiones de DHCP, una para IPv4 y otra para IPv6. Mientras que ambas versiones tienen el mismo nombre y realizan el mismo propósito, los detalles del protocolo para IPv4 e IPv6 son los suficientemente diferentes para considerarlos dos protocolos distintos.

Historia

DHCP fue inicialmente definido como una extensión del Bootstrap Protocol (BOOTP) en el RFC 1531 en octubre de 1993. La razón para extender BOOTP fue que BOOTP requería una intervención manual para añadir información de configuración para cada cliente, y no ofrecía un mecanismo para solicitar direcciones IP sin uso.

Debido a su aumento de popularidad se realizó un gran trabajo para aclarar el protocolo, y en 1997 se publicó el RFC 2131. DHCPv6 fue documentado en el RFC 3315. El RFC 3633 añadió a DHCPv6 un mecanismo para la automatización de delegación de prefijos. DHCPv6 fue de nuevo extendido con el RFC 3736 para proporcionar información de configuración a los clientes configurados utilizando autoconfiguración de dirección sin estado.

El protocolo BOOTP fue definido en el RFC 951 para reemplazar RARP (Reverse Address Resolution Protocol). El principal motivo para reemplazar RARP por BOOTP es que RARP es un protocolo de la capa de enlace. Esto hace que la implementación sea complicada para muchos servidores y necesitan que el servidor esté presente en cada enlace individual. BOOTP introduce una novedad con el agente de retransmisión que permite reenviar paquetes BOOTP fuera de la red local utilizando enrutamiento IP estándar, con lo que un servidor BOOTP central puede dar servicio a muchas subredes IP.

Protocolo

A continuación se muestra un breve resumen del protocolo DHCP:

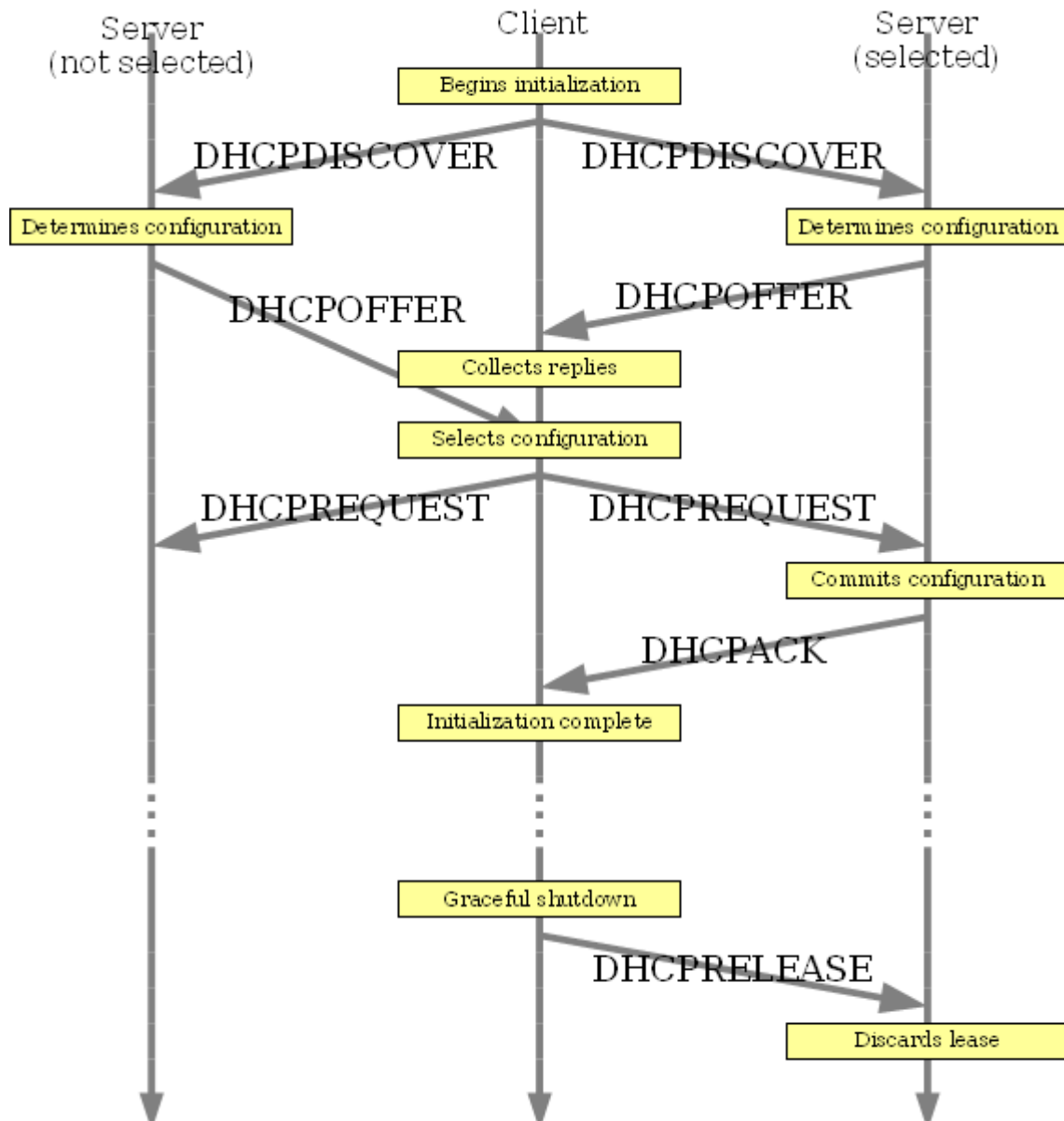


Ilustración 3: Diagrama de la línea de tiempo de intercambio de mensajes entre el cliente DHCP y los servidores al asignar una nueva dirección de red

Resumen técnico

El protocolo DHCP automatiza la asignación de parámetros de red a dispositivos desde uno o varios servidores DHCP. Incluso en redes pequeñas, DHCP es útil porque hace fácil añadir máquinas a la red.

Cuando un cliente configurado por DHCP (un ordenador o cualquier otro dispositivo de red)

se conecta a una red, el cliente envía un mensaje por broadcast solicitando la información necesaria al servidor DHCP. El servidor DHCP maneja la lista de direcciones IP y la información sobre los parámetros de configuración de los clientes, como la puerta de enlace, el nombre de dominio, el nombre de los servidores, etc. Cuando recibe una petición válida, el servidor asigna al ordenador una dirección IP, un tiempo de conexión, y otros parámetros de configuración como la máscara de red o la puerta de enlace. La consulta se inicia normalmente después del arranque y debe completarse antes de que el cliente pueda iniciar comunicaciones IP con otros servidores.

Dependiendo de la implementación, el servidor DHCP puede tener tres métodos de asignación de direcciones IP:

- Asignación dinámica: el administrador de red asigna un rango de direcciones IP al servidor, y cada cliente de la LAN es configurado cuando solicita la dirección IP al servidor DHCP durante su inicialización. El proceso utiliza una variable de tiempo de conexión, permitiendo al servidor DHCP reclamar (y reasignar) las direcciones IP no renovadas.
- Asignación automática: el servidor DHCP asigna permanentemente direcciones IP libres ante las solicitudes de los clientes dentro de un rango definido por el administrador. Esto es similar a la asignación dinámica, pero el servidor DHCP guarda una tabla de asignaciones de dirección con lo que asigna la misma dirección a un cliente que la haya tenido anteriormente.
- Asignación estática: el servidor asigna una dirección IP en base a una tabla con el par dirección MAC/dirección IP, que ha sido asignado de forma manual. Sólo a las peticiones de clientes con una MAC listada en la tabla se les podrá asignar una dirección IP. Esta característica (que no es soportada por todos los servidores DHCP) es llamada Static DHCP Assignment (asignación DHCP estático) o Static DHCP (DHCP estático) o reserva IP o enlazado MAC/IP.

A continuación se muestra una ilustración que resume de un vistazo los mensajes para realizar la solicitud DHCP:

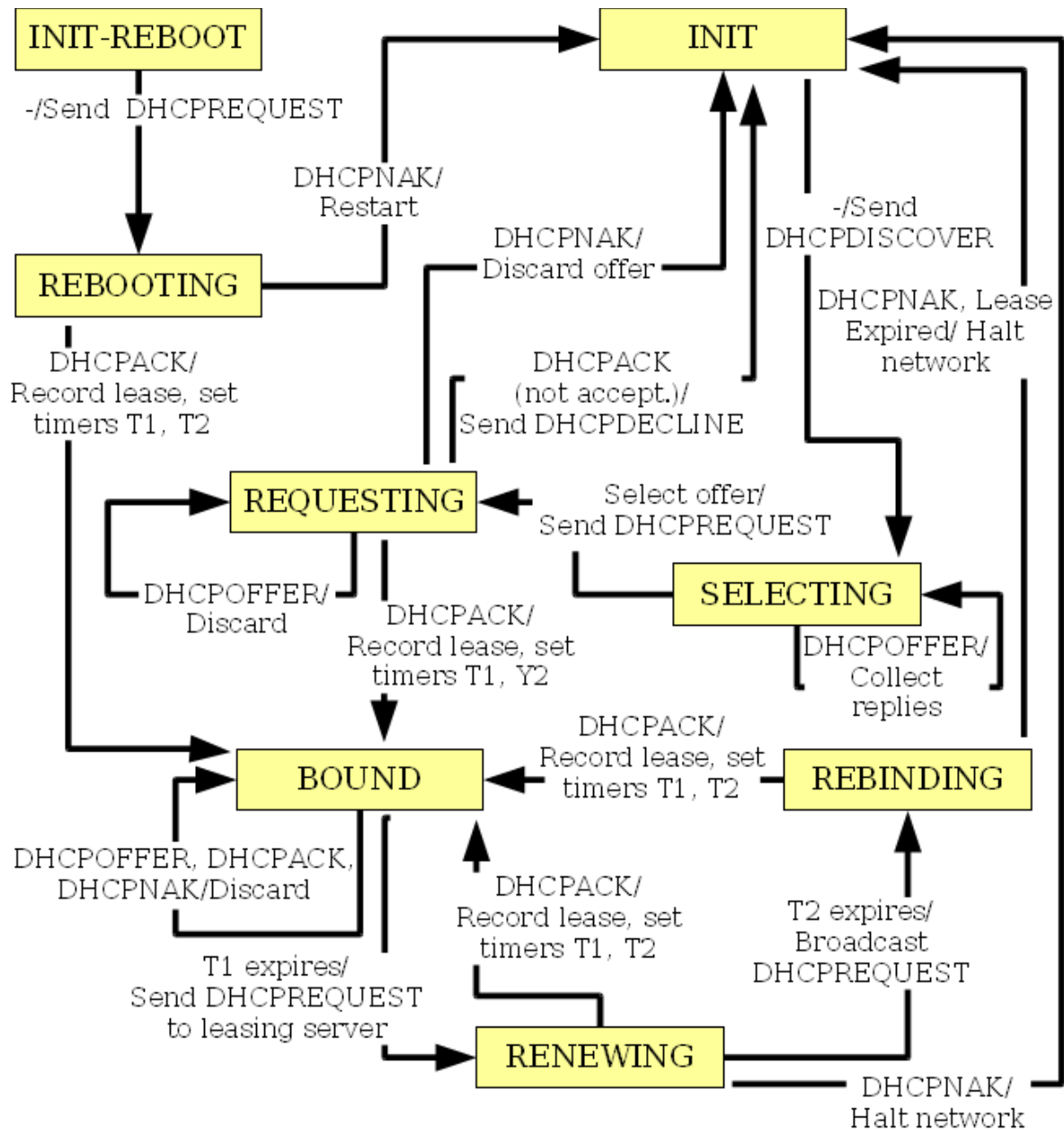


Ilustración 4: Diagrama de transición de estados para clientes DHCP

Detalles técnicos

DHCP utiliza los dos mismos puertos que BOOTP: el puerto 67 UDP para enviar datos al servidor y el puerto 68 UDP para enviar datos al cliente.

Las operaciones básicas DHCP se dividen en cuatro fases: búsqueda de servidor, oferta de conexión, solicitud y aceptación de la conexión.

Los clientes y servidores que se encuentran en la misma subred se comunican a través de broadcast UDP. Si el cliente y el servidor pertenecen a distintas subredes la búsqueda de

servidor y la solicitud se envían a través de broadcast UDP mientras que la oferta de conexión y la aceptación de la conexión se realizan mediante unicast.

DHCP discovery

El cliente envía un mensaje por broadcast a la subred física para encontrar servidores DHCP. Los administradores de red pueden configurar los routers para reenviar los paquetes DHCP hacia una subred diferente. Esto crea un paquete UDP (User Datagram Protocol) con una dirección de destino 255.255.255.255 o la dirección broadcast de la subred.

El cliente DHCP también puede solicitar la última dirección IP que haya utilizado. Si el cliente está conectado a una red en la cual esa dirección es válida, el servidor puede concederle esa petición. Por otro lado, depende de si el servidor está configurado como autoritativo o no. Un servidor autoritativo rechazará la solicitud, haciendo que el cliente solicite una nueva dirección IP. Un servidor no autoritativo ignorará la solicitud, dejando que se agote el tiempo de espera y el cliente solicite una nueva dirección IP.

DHCP offer

Cuando un servidor DHCP recibe una solicitud de conexión de un cliente, reserva una dirección IP y envía un mensaje DHCP OFFER al cliente. Este mensaje contiene la dirección MAC del cliente, la dirección IP que le ofrece el servidor, la máscara de subred, la duración de la conexión, y la dirección IP del servidor que ofrece la conexión.

El servidor determina la configuración a partir de la dirección hardware del cliente tal y como se especifica en el campo CHADDR (Client Hardware Address).

DHCP request

Un cliente puede recibir ofertas de varios servidores, pero sólo aceptará una de las ofertas DHCP y emitirá por broadcast un mensaje de solicitud DHCP. A partir del campo ID, los servidores pueden comprobar qué oferta ha aceptado el cliente. Cuando los otros servidores reciben este mensaje, retiran las ofertas que le hubiera realizado al cliente y libera la dirección IP que había reservado. El mensaje DHCP request se envía por broadcast, en vez de enviarlo por unicast a un servidor DHCP concreto, porque el cliente DHCP todavía no tiene una dirección IP. También, de esta forma el mensaje puede llegar a los otros servidores y saber que es otro servidor el que le va a proporcionar la dirección IP.

DHCP acknowledgement

Cuando un servidor DHCP recibe el mensaje DHCPREQUEST de un cliente, el proceso de configuración entra en su fase final. La fase de acuse de recibo implica el envío del paquete DHCPACK al cliente. Este paquete incluye la duración de la conexión y otra información de configuración que pueda haber solicitado el cliente. En este punto, la configuración IP está completa.

El protocolo supone que el cliente DHCP ha configurado su interfaz de red con los parámetros negociados.

Después de que el cliente obtiene la dirección IP, puede utilizar el protocolo ARP (Address Resolution Protocol) para prevenir conflictos IP causados por el solapamiento de direcciones de los servidores DHCP.

DHCP information

Un cliente DHCP puede solicitar más información de la que el servidor le envía en el mensaje original DHCPOFFER. El cliente puede también solicitar que le repita los datos para una aplicación particular.

DHCP releasing

El cliente envía una solicitud DHCP al servidor para liberar la información DHCP y para desactivar la dirección IP. Como el dispositivo cliente normalmente no sabe cuándo se le desenchufa de la red, puede que el protocolo no mande el mensaje DHCP release.

Parámetros de configuración del cliente DHCP

El servidor DHCP puede proporcionar parámetros de configuración opcionales al cliente. El RFC 2132 describe las opciones DHCP disponibles definidas por la IANA (Internet Assigned Numbers Authority).

El cliente DHCP puede seleccionar, manipular y sobrescribir los parámetros proporcionados por el servidor DHCP.

DHCP Relaying

En redes pequeñas, donde sólo hay una subred, los clientes DHCP se pueden comunicar directamente con los servidores DHCP. Sin embargo, los servidores DHCP pueden proporcionar direcciones IP a varias subredes. En este caso, un cliente DHCP que todavía no ha obtenido una dirección IP no puede comunicarse directamente con el servidor DHCP utilizando enrutamiento IP, porque no tiene una dirección IP y no sabe la dirección IP del router. Para permitir que los clientes DHCP de subredes que no son servidas directamente por el servidor DHCP, pueden instalarse agentes de retransmisión en estas subredes. El cliente DHCP envía por broadcast el mensaje, el agente de retransmisión recibe este mensaje y lo reenvía por unicast al servidor DHCP. El agente coloca su propia dirección IP en el campo GIADDR. El servidor DHCP utiliza ese campo para determinar la subred a través de la cual ha recibido el broadcast el agente de retransmisión y asigna una dirección IP de esa subred. Cuando el servidor DHCP contesta al cliente, lo envía a la dirección GIADDR por unicast. El agente de retransmisión retransmite la respuesta en la red local.

Fiabilidad

El protocolo DHCP proporciona fiabilidad de varias maneras: renovación periódica, reenlazado y conmutación de errores. A los clientes DHCP se les permite una conexión durante un periodo de tiempo. Los clientes tienen que intentar renovar la conexión una vez que haya expirado la mitad de ese periodo de tiempo. Hacen esto enviando un mensaje

DHCPREQUEST por unicast al servidor DHCP que les sirvió la conexión inicial. Si el servidor está caído o no es alcanzable, fallará la respuesta al DHCPREQUEST. Sin embargo, el DHCPREQUEST puede repetirse de vez en cuando el servidor sea reiniciado o pueda ser alcanzado, el cliente pueda contactar con él y renovar la conexión.

Si el servidor no puede ser alcanzado por un largo periodo de tiempo, el cliente intentará conseguir un nuevo servidor enviando por broadcast un mensaje DHCPREQUEST en vez de por unicast. Lo enviará por broadcast para poder encontrar nuevos servidores DHCP. Si otro servidor DHCP puede renovar la conexión, lo hará en ese momento.

Seguridad

El protocolo DHCP básico no incluye ningún mecanismo para autenticación. Por esto, es vulnerable a una serie de ataques. Estos ataques se pueden dividir en tres categorías:

- Servidores DHCP no autorizados proporcionando información falsa a los clientes.
- Clientes no autorizados consiguiendo acceso a los recursos
- Agotamiento de los recursos por parte de clientes DHCP maliciosos.

Como los clientes no tienen forma de validar la identidad del servidor DHCP, un servidor no autorizado puede operar en la red, proporcionando información incorrecta a los clientes. Esto puede hacer de ataque de denegación de servicio, evitando que el cliente gane acceso a la red, o como ataque man-in-the-middle. Como el servidor DHCP proporciona al cliente con las direcciones IP del servidor, tales como la dirección IP de uno o más servidores DNS, el atacante puede hacer creer al cliente que él es el servidor DNS y proporcionar sus propias respuestas a las consulta DNS del cliente. Esto permite al atacante redireccionar el tráfico de red a través de él, permitiendo espiar las conexiones entre el cliente y los servidores que contacta o sencillamente reemplazando esos servidores con los suyos propios.

Como los servidores no tienen ningún mecanismo para autenticar al cliente, los clientes pueden conseguir acceso no autorizado a direcciones IP presentando unas credenciales, como los clientes identificados, que pertenezcan a otros clientes DHCP. Esto también permite que los clientes agoten la reserva de direcciones IP del servidor DHCP – presentando nuevas credenciales cada vez que solicitan una dirección IP, el cliente puede consumir todas las direcciones IP disponibles de una red, evitando que otros clientes consigan el servicio.

DHCP proporciona algunos mecanismos para reducir esos problemas. La extensión Relay Agent Information Option (RFC 3046) del protocolo permite a los operadores de red adjuntar etiquetas a los mensajes DHCP. Esta etiqueta es utilizada como token de autorización para controlar el acceso del cliente a los recursos de la red.

Otra extensión, Authentication for DHCP Messages (RFC 3118), proporciona un mecanismo para autenticar mensajes DHCP. Desafortunadamente el RFC 3118 no ha sido adoptado de forma generalizada por los problemas de manejar claves para un gran número de clientes DHCP.[14][15][16][17][18][19][20]

2.2.3 Servidor TFTP

¿Qué es?

El protocolo Trivial File Transfer Protocol (TFTP) es un protocolo de transferencia que se caracteriza por una gran simplicidad. Es utilizado normalmente para la transferencia automatizada de ficheros de configuración de arranque entre máquinas en un entorno local. Comparado con FTP, TFTP es muy limitado, no proporcionando autenticación, y es raro que lo utilice un usuario de forma interactiva.

Debido a su diseño sencillo, TFTP puede ser implementado en una pequeña cantidad de memoria. Por lo tanto, es útil para arrancar ordenadores que no tienen datos en sus unidades de almacenamiento. Es un elemento del protocolo de arranque Preboot Execution Environment (PXE), donde es implementado en el firmware de la BIOS de la tarjeta de red del host.

También es utilizado para transferir pequeñas cantidades de datos entre los hosts de una red, como el firmware de un teléfono IP o imágenes del sistema operativo cuando es utilizado a través de una terminal X Window System remota o el arranque de cualquier *thin client* a través de la red. En las etapas iniciales de varios sistemas que se instalan a través de la red utilizan TFTP para cargar un kernel básico que realizará la instalación.

TFTP fue inicialmente diseñado en 1980 por IEN. En la actualidad está definido por el RFC 1350. Se han realizado varias extensiones para el protocolo TFTP y han sido documentadas en posteriores RFC.

Debido a la falta de seguridad del protocolo, es peligrosa su utilización a través de Internet. Por tanto, TFTP es únicamente utilizado en redes locales y privadas.

Resumen

El protocolo Trivial File Transfer Protocol (TFTP) es un protocolo simple de transferencia de ficheros. Ha sido implementado para utilizar el puerto número 69 UDP (User Datagram Protocol). TFTP está diseñado para pequeñas transferencias, por lo tanto carece de la mayoría de las características del FTP. TFTP sólo lee y escribe archivos, desde/a un servidor remoto. No puede listar directorios y tampoco tiene autenticación de usuarios.

En TFTP, cualquier transferencia se inicia con una solicitud de lectura o escritura de archivo, lo cual también sirve como solicitud de conexión. Si el servidor admite la solicitud, se abre la conexión y se envía el fichero en bloques de 512 bytes. Cada paquete de datos contiene un bloque de datos y debe enviar un paquete de acuse de recibo antes de enviar el siguiente paquete. Cuando el cliente recibe un paquete de menos de 512 bytes es indicación de que es el último paquete. Si un paquete se pierde, el destinatario esperará un tiempo y retransmitirá el último paquete enviado (datos o acuse de recibo) lo cual causará que el remitente del paquete perdido lo reenvíe. El remitente debe tener un paquete a mano para retransmitir, ya que el acuse de recibo de un paquete garantiza que todos los anteriores han llegado correctamente. Hay que tener en cuenta que a ambas máquinas se las considera remitentes y receptoras. Una envía datos y recibe acuses de recibo, la otra envía acuses de recibo y recibe datos.

Normalmente TFTP utiliza el protocolo UDP como protocolo de transporte, pero no es obligatorio. La transferencia de datos se inicia en el puerto 69, pero puede ser modificado. Los puertos se eligen de manera aleatoria de acuerdo a los parámetros de la red, normalmente en el rango de puertos efímeros.

TFTP tiene tres modos de transferencia: netascii, octet y mail.

- Netascii es una modificación de ASCII, definido en el RFC 764.
- Octet permite la transferencia binaria, siendo el archivo recibido idéntico al enviado.
- Mail utiliza el modo Netascii, pero el archivo es enviado a un destinatario, indicando la dirección del destinatario en el nombre del archivo. El RFC 1350 dejó obsoleto este modo

El protocolo no proporciona ninguna seguridad o autenticación. Normalmente las implementaciones Unix restringen la transferencia de archivos a un solo directorio, y sólo permite leer o escribir en ficheros que puedan ser leídos o escritos por cualquier usuario del sistema.

Protocolo

Resumen del protocolo

La siguiente ilustración muestra un pequeño resumen del protocolo se envía la solicitud de lectura o escritura y posteriormente se procede a la transmisión de datos:

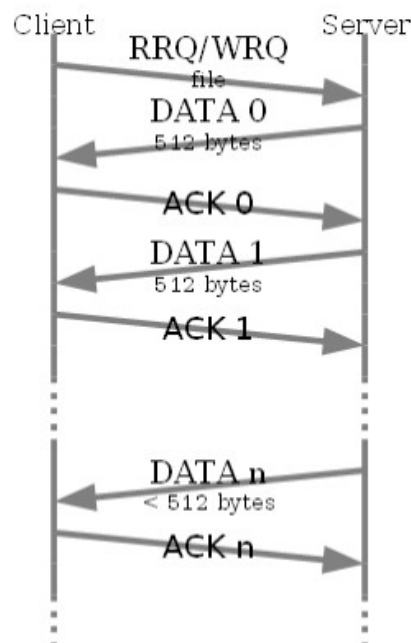


Ilustración 5: Diagrama de la línea de tiempo de una transferencia de ficheros por TFTP

En la siguiente ilustración se muestra un ejemplo de transmisión de datos en la cual se alcanza un timeout en el envío de un paquete, por lo que a continuación se vuelve a realizar la transmisión del mismo:

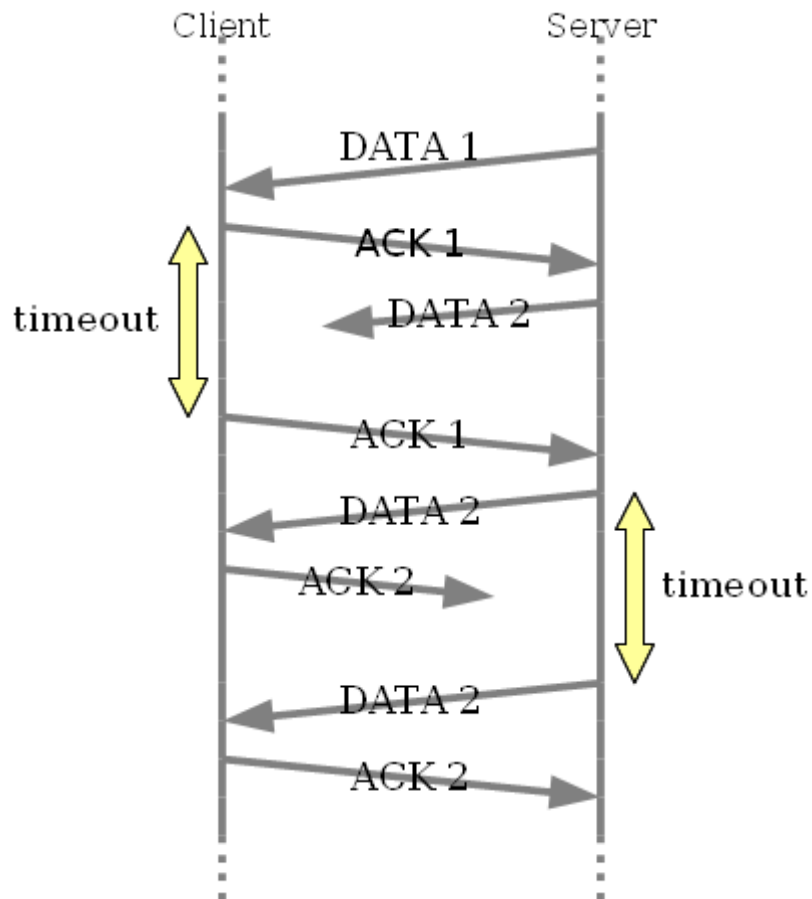


Ilustración 6: Diagrama de la línea de tiempo de la implementación del timeout para una transferencia de archivos por TFTP

1. El remitente envía una solicitud de lectura (RRQ) o escritura (WRQ) al destinatario por el puerto 69, con los datos del nombre del fichero y el modo de transferencia
2. El destinatario responde con un paquete ACK si recibió un paquete WRQ o con datos si recibió un paquete RRQ. El paquete es enviado por un puerto efímero, al igual que todos los futuros paquetes que envíe el servidor.
3. El remitente de datos envía paquetes de datos numerados (DATA) que contendrán un bloque de datos completo (512 bytes), excepto el último, que será de menor tamaño. El destinatario de los datos enviará un paquete ACK numerado por cada paquete de datos recibido.
4. El último paquete contendrá un bloque de datos de tamaño inferior al completo (512 bytes) el cual es la señal de que es el último. Si el último paquete de datos está

completo se enviará otro más con 0 bytes.

5. El receptor responde a cada paquete de datos con el número del ACK. El remitente responde al primer ACK con el número del siguiente bloque de datos
6. Si no se recibe un paquete ACK, se retransmite el paquete de datos.

Extensiones

El protocolo original tenía un tamaño de fichero máximo de 32MB. En 1998 se amplió este límite hasta 4GB con el RFC 2347, el cual introdujo la opción de negociación y el RFC 2348 que introdujo la negociación del tamaño del bloque.

Ya que TFTP utiliza UDP, tiene que suministrar soporte de transporte y de sesión. Cada archivo transferido vía TFTP constituye un intercambio independiente. Normalmente esta transferencia se realiza por pasos con sólo una transferencia a la vez. Por esto TFTP proporciona bajo rendimiento en redes con una alta latencia. Utilizar una ventana de varios paquetes, como hace Windows 2008 con Windows Deployment Services (WDS) mejora de forma considerable el rendimiento de, por ejemplo, arranque a través de PXE.[21][22][23][24][25]

2.2.4 Servidor NFS

¿Qué es?

El Network File System (NFS) es un protocolo de sistema de ficheros en red desarrollado originalmente por Sun Microsystems en 1984 que permite a un ordenador cliente acceder a ficheros a través de la red de una manera parecida a como si estuvieran almacenados de forma local. Es un protocolo estándar abierto definido en los RFC, lo que permite implementar el protocolo a cualquiera.

Versión original

Los detalles están definidos en el RFC 1094. Esta versión sólo fue utilizada por Sun para propósitos experimentales. Cuando el equipo de desarrollo incluyó suficientes cambios a la versión 1 de NFS y decidieron liberarla y que se pudiera utilizar fuera de Sun la renombraron como la versión 2.

NFSv2

La versión 2 del protocolo, definida en el RFC 1094, inicialmente sólo funcionaba sobre UDP. Esta versión sólo permitía leer los primeros 2GB del archivo.

NFSv3

Con la versión 3, definida en el RFC 1813, empezó a soportarse TCP como protocolo de transferencia, se añadió soporte para 64 bits, escrituras asíncronas, atributos adicionales para los ficheros, etc. Gracias al soporte TFTP es más factible el uso de NFS en WAN.

NFSv4

La versión 4, RFC 3010, influenciada por el sistema de ficheros en red AFS (Andrew File System) y el protocolo de red CIFS (Common Internet File System) incluye mejoras de rendimiento, mayor seguridad y se convierte en un protocolo con estados. Este es el primer protocolo implementado por IETF (Internet Engineering Task Force) después de que Sun Microsystems cediera el desarrollo del protocolo NFS.

Protocolo

Implementación típica

Con un cliente Unix que necesita acceso a ficheros alojados en otra máquina:

1. El servidor ejecuta un demonio NFS (normalmente nfsd) para conseguir que sus datos sean accesibles por los clientes.
2. El administrador determina qué pone disponible a los clientes para su acceso (normalmente mediante el fichero de configuración `/etc/exports` y el comando `exportfs`).
3. La administración de seguridad del servidor se asegura de que puede reconocer y aprobar a los clientes validados.
4. La configuración de red se asegura de que sólo los clientes apropiados pueden negociar con el servidor mediante un cortafuegos.
5. El cliente solicita acceso a los datos, normalmente utilizando el comando `mount`.
6. Si todo funciona de manera correcta, el cliente puede interactuar y ver el sistema de ficheros

Desarrollo del protocolo NFS contra los protocolos competidores

Años 80

NFS y ONC figuran de forma prominente en la guerra entre Sun Microsystems y Apollo Computer, y posteriormente en las guerras UNIX (1987-1996) entre AT&T y Sun por un lado y Digital Equipment, HP e IBM en el otro.

Durante el desarrollo del protocolo ONC (llamado SunRPC en aquel momento), sólo el NCS (Network Computing System) de Apollo ofrecía una funcionalidad comparable. Dos grupos competían con grandes diferencias en dos sistemas remotos. Por un lado ONC siempre generaba números en orden big-endian incluso aunque las dos máquinas fueran little-endian mientras que NCS evitaba el intercambio de bytes cuando ambas compartían modo. La industria creó el Network Computing Forum en marzo de 1987 en un intento para reconciliar los dos entornos de red.

Más tarde, Sun y AT&T anunciaron que las dos firmas iban a desarrollar juntas la siguiente versión de UNIX: System V Release 4. Esto causó que muchas otras empresas autorizadas para vender UNIX System V empezaran a preocuparse de que Sun tenía una posición

ventajosa, y que finalmente Digital Equipment, HP, IBM y otras formaran la Open Software Foundation (OSF) en 1988. Anteriormente, Sun y AT&T habían competido con NFS (de Sun) contra Remote File System (de AT&T), sin embargo, la rápida adopción de NFS por parte de Digital Equipment, HP, IBM y otros ayudaron a que los usuarios se decantaran por NFS.

La Open Software Foundation solicitó varias tecnologías, Remote Procedure Call (RPC) y el protocolo de acceso remoto de ficheros, entre otros. Al final estas propuestas, llamadas respectivamente Distributed Computing Environment (DCE) y Distributed File System (DFS) ganaron ante las propuestas de Sun, ONC y NFS. DCE deriva de una suite de tecnologías, incluyendo NCS y Kerberos. DFS utiliza DCE como RPC y deriva de AFS.

Años 90

Sun Microsystems y la Internet Society (ISOC) lograron un acuerdo para ceder el "control de cambios" de ONC RPC con lo que la Internet Engineering Task Force (IETF) pudiera publicar los documentos RFC de los protocolos ONC RPC y pudiera extenderlo. La OSF intentó que el DCE RPC fuera un estándar IETF, pero finalmente no cedió el control de cambios. Más tarde, la IETF amplió ONC RPC añadiendo una nueva autenticación basada en GSSAPI para cumplir las normas del IETF en cuanto a seguridad.

Después, Sun y la ISOC alcanzaron un acuerdo similar para dar a la ISOC el control de cambios de NFS, aunque en el contrato se excluían NFS versión 2 y versión 3. Sin embargo, la ISOC se ganó el derecho a añadir nuevas versiones, lo que dio como resultado las especificaciones de la versión 4 en 2003.

Años 2000

En el siglo XXI, ni la DFS ni la AFS han logrado un gran éxito comparado con CIFS o NFS. IBM, que previamente había adquirido el vendedor principal de DFS y AFS, Transarc, donó la mayoría del código fuente de AFS a la comunidad de software libre en 2000. El proyecto OpenAFS sigue vivo. A principios de 2005, IBM anunció el fin de las ventas de AFS y DFS.

Presente

NFSv4.1 añadió Parallel NFS, que permitía el acceso a datos de forma paralela. El protocolo NFSv4.1 define un método para separar los metadatos del sistema de ficheros de la localización de los datos; va más allá de la simple separación nombre/datos separando los datos entre un conjunto de servidores. Esto es diferente comparándolo con los servidores NFS tradicionales los cuales almacenan el nombre y los datos juntos. Existen servidores NFS multinodo, pero la participación del cliente en la separación de los metadatos y los datos es limitada. Puede que le permitan al cliente NFSv4.1 ser participante directo en la localización exacta de los datos del fichero y permitir la interacción con un solo servidor NFS cuando mueva datos.

El servidor pNFS es una colección de recursos y componentes controlados por un meta-servidor.[26][27][28][29][30]

3 Gestión del proyecto

Esta sección contiene el desarrollo del proyecto: desde el análisis de los requisitos hasta la implantación final del sistema pasando por el diseño del sistema y la implementación del mismo

3.1 Análisis de requisitos

En esta fase se pretende determinar cuáles son las necesidades del cliente que debe cubrir el sistema, para ello es necesario establecer una serie de reuniones y entrevistas con el usuario final o cliente. Mediante estas reuniones se identifican las metas globales, se analizan las perspectivas del cliente, sus necesidades y requerimientos, así como todos aquellos puntos que puedan ayudar a la identificación y desarrollo del proyecto. Esta fase se puede dividir en dos tareas principales:

- Definición de requisitos: consiste en tomar los requisitos generales del sistema
- Especificación de requisitos: se realiza una descripción completa del comportamiento del sistema

3.1.1 Definición de requisitos

Los requisitos del proyecto se dividen en dos tipos: los requisitos funcionales y los requisitos no funcionales.

Se va a utilizar la siguiente plantilla para detallar los requisitos:

Identificador	R<grupo><tipo>-<número>
Descripción	
Necesidad	
Prioridad	

Tabla 1: Plantilla de requisitos

- **Identificador:** código identificativo único del requisito. La nomenclatura es R<grupo><tipo>-<número>. Donde grupo será F para requisitos funcionales y NF para requisitos no funcionales. Tipo será, dentro del grupo de requisitos no funcionales, R para los requisitos no funcionales de rendimiento, O para los operativos, S para los de seguridad y N para los Normativos. <número> identifica el número de requisito.
- **Descripción:** especificación del requisito.
- **Necesidad:** importancia del cumplimiento del requisito para el cliente. Los valores posibles son: alta, media, baja
- **Prioridad:** importancia del requisito con el propósito de definir una estrategia de desarrollo. Los valores posibles son: alta, media, baja

Requisitos funcionales

Los requisitos funcionales definen el funcionamiento del proyecto: los procesos que se deben realizar y la información que debe contener.

Identificador	RF-01
Descripción	Sólo pueden ser clientes los equipos que se hayan dado de alta en el sistema.
Necesidad	Alta
Prioridad	Alta

Tabla 2: RF-01

Identificador	RF-02
Descripción	Los usuarios se identifican mediante un usuario y una contraseña en el sistema de configuración.
Necesidad	Alta
Prioridad	Alta

Tabla 3: RF-02

Identificador	RF-03
Descripción	Los usuarios tienen permiso para administrar equipos, grupos de equipos y sistemas operativos en el sistema.
Necesidad	Alta
Prioridad	Alta

Tabla 4: RF-03

Identificador	RF-04
Descripción	Los usuarios con permiso de administrador pueden configurar la red y añadir a otros usuarios al sistema.
Necesidad	Media
Prioridad	Baja

Tabla 5: RF-04

Identificador	RF-05
Descripción	Los equipos arrancarán el SO configurado.
Necesidad	Alta
Prioridad	Media

Tabla 6: RF-05

Identificador	RF-06
Descripción	Los usuarios administradores podrán administrar las cuentas de usuario
Necesidad	Alta
Prioridad	Baja

Tabla 7: RF-06

Identificador	RF-07
Descripción	Los usuarios podrán consultar la configuración del sistema
Necesidad	Media
Prioridad	Baja

Tabla 8: RF-07

Identificador	RF-08
Descripción	Los usuarios administradores podrán administrar los sistemas operativos del servicio
Necesidad	Alta
Prioridad	Alta

Tabla 9: RF-08

Identificador	RF-09
Descripción	Los usuarios podrán configurar el arranque de una máquina o grupo de máquinas con el sistema operativo deseado
Necesidad	Alta
Prioridad	Media

Tabla 10: RF-09

Identificador	RF-10
Descripción	Los usuarios administradores podrán añadir nodos diskless al sistema
Necesidad	Alta
Prioridad	Media

Tabla 11: RF-10

Identificador	RF-11
Descripción	Los usuarios podrán administrar los grupos de máquinas
Necesidad	Media
Prioridad	Baja

Tabla 12: RF-11

Identificador	RF-12
Descripción	Los usuarios podrán modificar su contraseña para mayor seguridad
Necesidad	Baja
Prioridad	Baja

Tabla 13: RF-12

Requisitos no funcionales

Los requisitos no funcionales especifica los criterios que deben utilizarse para juzgar la operación del sistema: aspectos que tienen que ver con la seguridad, el rendimiento, la operativa, etc.

Operativos

Identificador	RFO-01
Descripción	Los sistemas operativos que ejecutan los <i>thin clients</i> están almacenados en el servidor.
Necesidad	Alta
Prioridad	Alta

Tabla 14: RFO-01

Identificador	RFO-02
Descripción	PXE está instalado en cada cliente.
Necesidad	Baja
Prioridad	Alta

Tabla 15: RFO-02

Identificador	RFO-03
Descripción	Es necesario un navegador web para poder configurar el sistema.
Necesidad	Media
Prioridad	Alta

Tabla 16: RFO-03

Identificador	RFO-04
Descripción	El idioma del proyecto es el castellano.
Necesidad	Media
Prioridad	Baja

Tabla 17: RFO-04

Seguridad

Identificador	RFS-01
Descripción	Para todas las operaciones de configuración del sistema hay que estar autenticado.
Necesidad	Alta
Prioridad	Alta

Tabla 18: RFS-01

Identificador	RFS-02
Descripción	Hay distintos perfiles según las operaciones que se vayan a realizar.
Necesidad	Media
Prioridad	Alta

Tabla 19: RFS-02

Identificador	RFS-03
Descripción	Los usuarios con perfil de administrador son los responsables de las altas de usuario en el sistema.
Necesidad	Media
Prioridad	Alta

Tabla 20: RFS-03

Identificador	RFS-04
Descripción	Los equipos cliente se pueden conectar con el servidor si están dados de alta en el servidor.
Necesidad	Alta
Prioridad	Alta

Tabla 21: RFS-04

Rendimiento

Identificador	RFR-01
Descripción	Los sistemas operativos del cliente se iniciarán en un periodo prudencial de tiempo.
Necesidad	Alta
Prioridad	Alta

Tabla 22: RFR-01

Identificador	RFR-02
Descripción	La configuración del sistema operativo estará lista para ser utilizada una vez que haya sido almacenada en el servidor.
Necesidad	Alta
Prioridad	Media

Tabla 23: RFR-02

Identificador	RFR-03
Descripción	La transferencia de datos entre el servidor y los clientes deben permitir una experiencia de usuario cercana a la de un fat client.
Necesidad	Media
Prioridad	Media

Tabla 24: RFR-03

3.2 Especificación de requisitos

Tras la definición de los requisitos establecidos en el apartado anterior, es necesario definir la estructura, funcionalidad y comportamiento del sistema. Para ello se definen los siguientes casos de uso. Un caso de uso es una descripción de una secuencia de interacciones en la que un actor, a partir de una serie de condiciones, realiza una serie de acciones que llevan a la ejecución de una tarea.

La plantilla que se utilizará para la definición de los casos de uso será la siguiente:

Nombre	CU-<número>: <nombre>
Descripción	
Actor	
Precondiciones	
Postcondiciones	
Flujo normal	
Flujo alternativo	

Tabla 25: Plantilla de casos de usuario

- **Nombre:** CU-<número>: <nombre> Donde <número> será un identificador numérico único y <nombre> será un nombre breve descriptivo del caso de uso.
- **Descripción:** especificación del caso de uso.
- **Actor:** actor que lleva a cabo el caso de uso. En este caso el actor puede ser un administrador (con todos los privilegios) o un usuario del sistema (con privilegios restringidos) o un usuario no logado contra el sistema (sin ningún privilegio) o el nodo diskless.
- **Precondiciones:** condiciones iniciales necesarias para realizar la secuencia de acciones.
- **Postcondiciones:** condiciones finales, tras haber realizado la secuencia de acciones.
- **Flujo normal:** secuencia de acciones a realizar.
- **Flujo alternativo:** secuencia de acciones, fuera del flujo normal. En caso de no haber flujo alternativo se indicaría "No aplica".

Nombre	CU-01: Conexión al sistema
Descripción	Pasos necesarios para que un usuario se conecte al sistema y acceder a su funcionalidad
Actor	Usuario no logado
Precondiciones	Conocer la URL de la aplicación Usuario registrado en el sistema
Postcondiciones	El usuario está conectado en el sistema y puede realizar las acciones de configuración y consulta
Flujo normal	<ol style="list-style-type: none"> 1. Introducir la dirección URL de la aplicación 2. Introducir el usuario y la contraseña correctas
Flujo alternativo	<ol style="list-style-type: none"> 1. Error de conexión del usuario por no estar registrado o no haber introducido la contraseña correctamente

Tabla 26: CU-01: Conexión al sistema

Nombre	CU-02: Añadir usuario al sistema
Descripción	Cómo añadir un usuario al sistema
Actor	Administrador
Precondiciones	Usuario conectado al sistema Usuario con perfil administrador
Postcondiciones	El nuevo usuario queda añadido al sistema
Flujo normal	<ol style="list-style-type: none"> 1. El administrador selecciona la opción de añadir un usuario al sistema 2. El administrador introduce el nombre de usuario y contraseña del nuevo usuario
Flujo alternativo	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario introduce un usuario ya registrado en el sistema

Tabla 27: CU-02: Añadir usuario al sistema

Nombre	CU-03: Modificar usuario del sistema
Descripción	Concesión y revocación de permisos de administrador.
Actor	Administrador
Precondiciones	Usuario conectado al sistema Usuario con perfil administrador Usuario al que se le conceden o revocan permisos registrado en el sistema
Postcondiciones	El usuario tiene permisos de administrador o no
Flujo normal	<ol style="list-style-type: none"> 1. El administrador selecciona la opción de modificar un usuario 2. El administrador concede o revoca permisos de administración a otro usuario
Flujo alternativo	No aplica

Tabla 28: CU-03: Modificar usuario del sistema

Nombre	CU-04: Eliminar usuario del sistema
Descripción	Cómo eliminar un usuario del sistema
Actor	Administrador
Precondiciones	Usuario conectado al sistema Usuario con perfil administrador Usuario que se va a eliminar registrado en el sistema
Postcondiciones	El usuario queda borrado definitivamente del sistema
Flujo normal	<ol style="list-style-type: none"> 1. El administrador selecciona la opción de eliminar un usuario 2. Selección del usuario a eliminar
Flujo alternativo	No aplica

Tabla 29: CU-04: Eliminar usuario del sistema

Nombre	CU-05: Consulta de la configuración de arranque
Descripción	Se muestra la configuración de arranque de cada una de las máquinas <i>diskless node</i> del sistema
Actor	Usuario
Precondiciones	Usuario conectado al sistema
Postcondiciones	-
Flujo normal	1. El usuario selecciona la opción de consultar configuración de arranque
Flujo alternativo	No aplica

Tabla 30: CU-05: Consulta de la configuración de arranque

Nombre	CU-06: Consulta de la configuración de red
Descripción	Se muestra la configuración de red del sistema
Actor	Usuario
Precondiciones	Usuario conectado al sistema
Postcondiciones	-
Flujo normal	1. El usuario selecciona la opción de consultar configuración de red
Flujo alternativo	No aplica

Tabla 31: CU-06: Consulta de la configuración de red

Nombre	CU-07: Subir sistema operativo
Descripción	Permite subir al servidor el sistema de ficheros de un sistema operativo
Actor	Administrador
Precondiciones	Usuario conectado al sistema Usuario con perfil de administrador
Postcondiciones	El sistema de ficheros y la configuración quedan almacenadas en el servidor
Flujo normal	1. El administrador selecciona la opción de subir sistema operativo 2. Se rellena el formulario de configuración 3. Se selecciona el fichero que contiene el sistema operativo
Flujo alternativo	1. Los campos obligatorios no han sido rellenados

Tabla 32: CU-07: Subir sistema operativo

Nombre	CU-08: Modificar un sistema operativo
Descripción	Modificación de la configuración de un sistema operativo
Actor	Administrador
Precondiciones	Usuario conectado al sistema Usuario con perfil de administrador Sistema operativo configurado
Postcondiciones	La configuración del sistema operativo queda modificada
Flujo normal	<ol style="list-style-type: none"> 1. El administrador selecciona la opción de modificar sistema operativo 2. Selecciona el sistema a modificar 3. Modifica el formulario de configuración
Flujo alternativo	No aplica

Tabla 33: CU-08: Modificar un sistema operativo

Nombre	CU-09: Eliminar un sistema operativo
Descripción	Eliminación de la configuración y sistema de ficheros de un sistema operativo
Actor	Administrador
Precondiciones	Usuario conectado al sistema Usuario con perfil de administrador Sistema operativo configurado
Postcondiciones	La configuración y sistema de ficheros quedan eliminados del sistema
Flujo normal	<ol style="list-style-type: none"> 1. El administrador selecciona la opción de eliminar sistema operativo 2. Selecciona el sistema operativo a eliminar
Flujo alternativo	No aplica

Tabla 34: CU-09: Eliminar un sistema operativo

Nombre	CU-10: Configurar arranque de máquina
Descripción	Configura qué sistema operativo se cargará en una máquina determinada
Actor	Usuario
Precondiciones	Usuario conectado al sistema Máquina configurada Sistema operativo configurado
Postcondiciones	Máquina configurada para el arranque del sistema operativo seleccionado
Flujo normal	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario selecciona la opción de configurar arranque de máquina 2. Selección de la máquina a configurar 3. Selección del sistema operativo a cargar
Flujo alternativo	No aplica

Tabla 35: CU-10: Configurar arranque de máquina

Nombre	CU-11: Configurar arranque de grupo
Descripción	Configura qué sistema operativo se cargará en un grupo de máquinas determinado
Actor	Usuario
Precondiciones	Usuario conectado al sistema Máquina configurada Grupo de máquinas configurados Sistema operativo configurado
Postcondiciones	Máquinas configurada para el arranque del sistema operativo seleccionado
Flujo normal	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario selecciona la opción de configurar arranque de grupo de máquinas 2. Selección del grupo a configurar 3. Selección del sistema operativo a cargar
Flujo alternativo	No aplica

Tabla 36: CU-11: Configurar arranque de grupo

Nombre	CU-12: Configurar arranque de todos
Descripción	Configura qué sistema operativo se cargará en todas las máquinas
Actor	Usuario
Precondiciones	Usuario conectado al sistema Máquinas configuradas Sistema operativo configurado
Postcondiciones	Máquinas configurada para el arranque del sistema operativo seleccionado
Flujo normal	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario selecciona la opción de configurar arranque de todas las máquina 2. Selección del sistema operativo a cargar
Flujo alternativo	No aplica

Tabla 37: CU-12: Configurar arranque de todos

Nombre	CU-13: Añadir máquina al sistema
Descripción	Añade la configuración de una máquina al sistema
Actor	Administrador
Precondiciones	Usuario conectado al sistema Usuario con perfil de administrador
Postcondiciones	Máquina configurada en el sistema
Flujo normal	<ol style="list-style-type: none"> 1. El administrador selecciona la opción de añadir máquina al sistema 2. Se rellena el formulario de configuración
Flujo alternativo	<ol style="list-style-type: none"> 1. Los campos obligatorios no han sido rellenados

Tabla 38: CU-13: Añadir máquina al sistema

Nombre	CU-14: Modificar máquina del sistema
Descripción	Modifica la configuración de una máquina al sistema
Actor	Administrador
Precondiciones	Usuario conectado al sistema Usuario con perfil de administrador Máquina configurada en el sistema
Postcondiciones	Configuración de la máquina modificada
Flujo normal	<ol style="list-style-type: none"> 1. El administrador selecciona la opción de modificar máquina del sistema 2. Selección de la máquina a modificar 3. Se modifica el formulario de configuración
Flujo alternativo	<ol style="list-style-type: none"> 1. Los campos obligatorios no han sido rellenados

Tabla 39: CU-14: Modificar máquina del sistema

Nombre	CU-15: Eliminar máquina del sistema
Descripción	Elimina la configuración de una máquina del sistema
Actor	Administrador
Precondiciones	Usuario conectado al sistema Usuario con perfil de administrador Máquina configurada en el sistema
Postcondiciones	La configuración de la máquina queda eliminada del sistema
Flujo normal	<ol style="list-style-type: none"> 1. El administrador selecciona la opción de eliminar máquina del sistema 2. Selección de la máquina a eliminar
Flujo alternativo	No aplica

Tabla 40: CU-15: Eliminar máquina del sistema

Nombre	CU-16: Crear grupo de máquinas
Descripción	Creación de un grupo de máquinas para crear una configuración común
Actor	Usuario
Precondiciones	Usuario conectado al sistema Máquinas configuradas en el sistema
Postcondiciones	Grupo de máquinas creado
Flujo normal	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario selecciona la opción de crear grupo de máquinas 2. Selección del nombre del grupo 3. Selección de las máquinas configuradas en el grupo
Flujo alternativo	<ol style="list-style-type: none"> 1. Los campos obligatorios no han sido rellenados

Tabla 41: CU-16: Crear grupo de máquinas

Nombre	CU-17: Modificar grupo de máquinas
Descripción	Modificar un grupo de máquinas
Actor	Usuario
Precondiciones	Usuario conectado al sistema Máquinas configuradas en el sistema Grupo de máquinas configurado
Postcondiciones	Grupo de máquinas modificado
Flujo normal	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario selecciona la opción de modificar grupo de máquinas 2. Selección de las máquinas configuradas en el grupo
Flujo alternativo	No aplica

Tabla 42: CU-17: Modificar grupo de máquinas

Nombre	CU-18: Eliminar grupo de máquinas
Descripción	Eliminar un grupo de máquinas
Actor	Usuario
Precondiciones	Usuario conectado al sistema Máquinas configuradas en el sistema Grupo de máquinas configurado
Postcondiciones	Grupo de máquinas eliminado del sistema
Flujo normal	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario selecciona la opción de eliminar grupo de máquinas 2. Selección del grupo a eliminar
Flujo alternativo	No aplica

Tabla 43: CU-18: Eliminar grupo de máquinas

Nombre	CU-19: Configurar red
Descripción	Configuración de los parámetros de red del sistema y de la configuración DHCP
Actor	Administrador
Precondiciones	Usuario conectado al sistema Usuario con perfil de administrador
Postcondiciones	Configuración de red modificada
Flujo normal	<ol style="list-style-type: none"> 1. El administrador selecciona la opción de configuración de red 2. Se rellena el formulario de configuración de red
Flujo alternativo	No aplica

Tabla 44: CU-19: Configurar red

Nombre	CU-20: Configurar password
Descripción	Modificación de la contraseña del usuario conectado al sistema
Actor	Usuario
Precondiciones	Usuario conectado al sistema
Postcondiciones	La contraseña queda modificada para el usuario conectado
Flujo normal	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario selecciona la opción de configurar password 2. Se rellena el formulario con la contraseña antigua 3. Se rellena el formulario con la contraseña nueva y la confirmación de la contraseña nueva
Flujo alternativo	<ol style="list-style-type: none"> 1. Los campos obligatorios no han sido rellenados o la contraseña antigua no coincide con la almacenada en el sistema

Tabla 45: CU-20: Configurar password

Nombre	CU-21: Arranque del sistema operativo
Descripción	El <i>diskless node</i> configurado arranca correctamente el sistema operativo indicado
Actor	<i>Diskless node</i>
Precondiciones	Servidor configurado <i>Diskless node</i> configurado con el sistema de arranque
Postcondiciones	El nodo arranca el sistema operativo
Flujo normal	<ol style="list-style-type: none"> 1. El nodo solicita la configuración de red 2. El nodo solicita la el kernel 3. El nodo solicita el sistema de ficheros
Flujo alternativo	<ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema no arranca de manera correcta o de la manera en que está configurado

Tabla 46: CU-21: Arranque del sistema operativo

3.3 Matriz de trazabilidad

En este apartado se implementa la matriz de trazabilidad, la cual nos sirve para comprobar la calidad de los casos de uso y que todos los requisitos funcionales se encuentran implementados y definidos en al menos uno de los casos de uso.

La matriz de trazabilidad ayuda a realizar el seguimiento de cada uno de los requisitos del proyecto a lo largo del ciclo de vida, lo cual nos ayuda a asegurar que se cumplen todos de manera eficaz. La matriz ayuda a asegurar también que cada requisito definido anteriormente añade valor al negocio mostrando la relación existente entre los requisitos, las necesidades y los objetivos del proyecto.

Req \ CU	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
RF-01	X																				
RF-02	X																				
RF-03					X	X				X	X	X				X	X	X			
RF-04							X	X	X				X	X	X				X	X	
RF-05																					X
RF-06		X	X	X																	
RF-07					X	X															
RF-08							X	X	X												
RF-09										X	X	X									
RF-10													X	X	X						
RF-11																X	X	X			

Tabla 47: Matriz de trazabilidad

3.4 Diseño del sistema

3.4.1 Descripción de la solución

La solución adoptada corresponde con la implementación de una aplicación web que permita configurar un servidor para que máquinas sin disco puedan arrancar el sistema operativo y ser completamente funcionales. Por un lado el sistema permitirá la configuración de la red sobre la cual funcionarán tanto las máquinas cliente como el servidor y por otro lado se permitirá la configuración de un sistema operativo para cada máquina.

3.4.2 Análisis de tecnologías utilizadas

Las tecnologías utilizadas se pueden dividir en dos grupos:

- las que permiten iniciar sesión a máquinas sin disco: Debian, pxe, tftp, dhcp, nfs
- las que implementan el sistema de configuración: apache server, mysql, php, html, css y Eclipse PDT

Para la elección de las tecnologías y herramientas que se van a utilizar se toman en cuenta las siguientes características:

- Para reducir el coste del proyecto se prefiere la elección de tecnologías y herramientas gratuitas, preferiblemente libres
- Para facilitar la implementación del sistema se prefiere la elección de tecnologías y herramientas con una buena cantidad y calidad de documentación, preferiblemente que sean un estándar.
- El sistema se configurará para máquinas linux con lo que la distribución para el servidor elegida será una sencilla y configurable.

Basándonos en los puntos anteriores, las herramientas y tecnologías elegidas son:

GNU/Linux Debian

Es una distribución completamente libre, fácil de configurar, con una gran cantidad de software disponible y con un gran equipo de voluntarios detrás de ella. Esta es una de las distribuciones más completas actualmente y con una gran cantidad de opciones para realizar la configuración e instalación del sistema.

gPXE

gPXE es un gestor de arranque de red de código abierto. Proporciona un reemplazo completo de la ROM de la máquina y la petición DHCP por lo que es la herramienta perfecta para iniciar el arranque de la máquina hasta el momento anterior a cargar el kernel de la máquina diskless.

DHCPD

DHCPD es un servidor DHCP de código abierto. El servidor DHCP implementa los protocolos DHCP y BOOTP por lo que es perfecto para la segunda fase del arranque del sistema diskless. Inicialmente proporciona una dirección IP al equipo previamente configurada y a continuación proporciona la configuración necesaria para iniciar el arranque del kernel.

atftpd

atftpd es un servidor tftp de código abierto. El servidor tftp elegido es atftpd, el cual permite con una configuración muy sencilla proporcionar acceso al kernel a los clientes sin disco. Se ha elegido un servidor TFTP en lugar de uno FTP ya que en el punto en que se realiza la llamada a este servidor todavía no está cargado el sistema operativo y no se podría realizar la autenticación en el sistema operativo

NFS server

NFS server es un servidor NFS de código abierto. Este servidor se encarga del último paso de la carga del sistema operativo: el envío del sistema de ficheros desde el servidor hasta el cliente sin disco. Quizá la parte más compleja de configurar pero hay una gran cantidad de manuales que ayudan a realizar esta tarea.

PHP / HTML / CSS

Para la interfaz de usuario se ha elegido que sea una aplicación web, lo cual también cumple los requisitos establecidos anteriormente. Las tecnologías utilizadas para implementar el lado del cliente son HTML y CSS los cuales son soportados por cualquier navegador moderno.

Por su parte se ha elegido PHP como lenguaje del lado del cliente ya que es lo suficientemente potente como para implementar toda la funcionalidad requerida y es relativamente sencillo de implementar una aplicación web no demasiado grande, como es el caso.

Ambos son lenguajes sencillos de aprender lo cual ayuda a no aumentar el coste del proyecto.

MySQL

MySQL es un sistema gestor de base de datos relacional de código abierto. Para un sistema como el que se implementa en este proyecto no es necesaria una base de datos muy compleja

ni que permita una gran cantidad de usuarios de forma concurrente. Por lo tanto se elige una base de datos libre, bien documentado y fácil de configurar como es MySQL server.

Apache HTTP Server

Apache HTTP Server es un servidor web HTTP libre. Ha sido muy ampliamente documentado y a través de un módulo externo se proporciona la posibilidad de cargar páginas web dinámicas con PHP.

Eclipse PDT

El IDE elegido para la implementación de la web es Eclipse PDT, el cual es una versión específica para la implementación en PHP.

3.4.3 Configurador automático de clusters

El objetivo de crear un configurador web es poder configurar todos los aspectos del servidor en un entorno fácil de usar, donde no haya que abrir sesión en el servidor e ir buscando y modificando los ficheros de configuración de los distintos servidores.

Estructura del menú

Acciones del Administrador	Acciones del Usuario
Administrar usuarios Administrar sistemas operativos Administrar las máquinas que tienen acceso al servidor Administrar la red	Consultar la configuración Configurar el sistema operativo de arranque de las máquinas Configurar grupos

Tabla 48: Acciones de los usuarios del sistema según sus privilegios

El menú está estructurado de la siguiente manera:

- Usuarios
 - Añadir usuario
 - Modificar usuario
 - Eliminar usuario
- Ver configuración
 - Ver arranque
 - Ver configuración de red
- Sistemas operativos
 - Subir SO
 - Modificar SO
 - Eliminar SO

- Configurar arranque
 - Configurar máquina
 - Configurar grupo
 - Configurar todos
- Configurar máquina
 - Añadir máquina
 - Modificar máquina
 - Eliminar máquina
- Configurar grupo
 - Crear grupo
 - Modificar grupo
 - Eliminar grupo
- Red
 - Configurar red
- Mi cuenta
 - Configurar password

Cada apartado está destinado a la configuración de un aspecto del servidor:

Usuarios

Este es un apartado al que sólo tiene acceso el administrador del sistema. En él se pueden dar de alta y baja usuarios además de poder cambiar sus permisos de administración.

Ver configuración

En este apartado se muestra la configuración que tiene el servidor.

- Configuración de arranque: muestra todas las máquinas configuradas como *thin client* y el sistema operativo con el que tienen configurado el arranque en ese momento.
- Configuración de red: muestra la configuración de red del servidor DHCP.

Sistemas operativos

Este es un apartado al que sólo tiene acceso el administrador del sistema. En él se pueden dar de alta, baja y modificar los distintos sistemas operativos de los *thin clients*.

Configurar arranque

En este apartado se permite configurar cuál será el sistema operativo que arrancarán una o varias máquinas. La configuración se puede realizar de tres maneras diferentes:

- Configuración del arranque de una máquina: se selecciona el sistema operativo que va a arrancar una máquina en concreto.
- Configuración de arranque de un grupo: se selecciona el sistema operativo que van a arrancar todas las máquinas que pertenezcan a un grupo en concreto.
- Configuración de arranque de todas las máquinas: se selecciona el sistema operativo que van a arrancar todas las máquinas.

Configurar máquina

Este es un apartado al que sólo tiene acceso el administrador del sistema. En él apartado se pueden añadir, modificar o eliminar todas las máquinas que se pueden conectar al servidor como *thin clients*. Los campos a configurar son el nombre de la máquina, la dirección MAC y la dirección IP que se le va a asignar.

Configurar grupo

En este apartado se permite la creación, modificación y eliminación de grupos. El único campo obligatorio es la asignación de un nombre para el grupo. El resto son campos optativos, en los que se puede seleccionar si una máquina pertenece o no al grupo.

Red

Este es un apartado al que sólo tiene acceso el administrador del sistema. En él apartado se puede configurar la red para el servidor DHCP.

Mi cuenta

En este apartado se puede configurar la contraseña de los usuarios.

Navegación

Login

La pantalla de login es un simple formulario donde hay que introducir el nombre de usuario y la contraseña.



Diskless Node

Acceso

Usuario:

Contraseña:

Ilustración 7: Formulario de login

La pantalla principal

Los usuarios sin permiso de administrador acceden al siguiente menú principal, donde pueden acceder a la consulta y modificación de una serie de parámetros:

- Ver configuración: se puede consultar la configuración de la red y del arranque de los sistemas operativos.
- Configurar arranque: se puede configurar el sistema operativo que van a arrancar las máquinas.
- Configurar grupo: se pueden crear grupos de máquinas.
- Mi cuenta: se puede modificar la contraseña de acceso.



Ilustración 8: Página principal de usuario

En caso de ser un administrador del sistema se tienen más opciones en el menú de configuración:

- Usuarios: se gestionan los usuarios y sus permisos.
- Sistemas operativos: se gestionan los sistemas operativos.
- Configurar máquina: se gestionan las máquinas que tienen acceso al sistema.
- Red: se puede configurar la red del sistema.

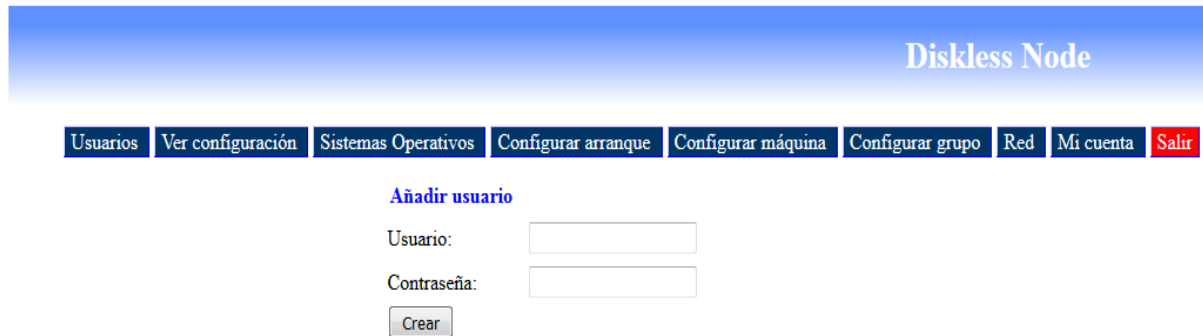


Ilustración 9: Página principal de administrador

Gestión de usuarios

Alta de usuarios

Para añadir un usuario al sistema hay que ir a *Usuarios / Añadir usuario*. Encontramos un formulario donde se solicita el nombre del nuevo usuario y la contraseña. Por defecto este usuario se creará sin permisos de administración.



The screenshot shows the 'Diskless Node' web interface. At the top, there is a blue header with the text 'Diskless Node'. Below the header is a navigation bar with several buttons: 'Usuarios', 'Ver configuración', 'Sistemas Operativos', 'Configurar arranque', 'Configurar máquina', 'Configurar grupo', 'Red', 'Mi cuenta', and 'Salir'. The 'Usuarios' button is highlighted. Below the navigation bar, there is a section titled 'Añadir usuario'. This section contains two input fields: 'Usuario:' and 'Contraseña:'. Below these fields is a 'Crear' button.

Ilustración 10: Formulario para dar de alta usuarios

Modificar usuarios

Para modificar los permisos de un usuario hay que ir a *Usuarios / Modificar usuario*. Encontramos una lista de los usuarios y un checkbox para poder dar o quitar permisos de administración a los usuarios.



The screenshot shows the 'Diskless Node' web interface. At the top, there is a blue header with the text 'Diskless Node'. Below the header is a navigation bar with several buttons: 'Usuarios', 'Ver configuración', 'Sistemas Operativos', 'Configurar arranque', 'Configurar máquina', 'Configurar grupo', 'Red', 'Mi cuenta', and 'Salir'. The 'Usuarios' button is highlighted. Below the navigation bar, there is a table with the following structure:

Usuario	Admin	Guardar
root	<input checked="" type="checkbox"/>	Guardar
user	<input type="checkbox"/>	Guardar

Ilustración 11: Formulario para modificar los permisos de usuario

Eliminar usuarios

Para eliminar un usuario hay que ir a *Usuarios / Eliminar usuario*. Encontramos un desplegable con una lista de usuarios. Cuando se elimina un usuario no se eliminan sus configuraciones por lo que cualquier otro usuario podrá seguir utilizándola.



Ilustración 12: Formulario para dar de baja usuarios

Ver configuración

Configuración de arranque

Para ver la configuración del sistema operativo que arranca cada máquina hay que ir a *Ver configuración* / *Ver arranque*. Se muestra una tabla, en cada fila aparece una máquina y el sistema operativo que tiene configurado para arrancar.



Ilustración 13: Vista de configuración de arranque

Configuración de red

Para ver la configuración de la red hay que ir a *Ver configuración / Ver configuración de red*. Se muestra una tabla en la que se muestran los parámetros de configuración del servidor DHCP y el valor que tiene asignado

Diskless Node

[Ver configuración](#) [Configurar arranque](#) [Configurar grupo](#) [Mi cuenta](#) [Salir](#)

Configuración de puertos	
Local-port:	1067
Remote-port:	1068
Configuración de red	
Subred:	192.168.1.0
Máscara de red:	255.255.255.0
Rango:	192.168.1.96 - 192.168.1.192
Gateway:	192.168.1.1
DNS 1:	192.168.1.2
DNS 2:	192.168.1.3
Broadcast:	192.168.1.255
Next Server:	192.168.1.24
Root path:	/nfsroot/

Ilustración 14: Vista de configuración de red

Sistemas operativos

Subir sistema operativo

Para subir un sistema operativo al sistema hay que ir a *Sistemas operativos / Subir SO*. Encontramos un formulario donde se solicita diversos campos:

- Nombre: Nombre del sistema operativo.
- Versión: Versión del sistema operativo.
- Descripción: Descripción del sistema operativo.
- Fichero: Ruta del fichero comprimido que contiene el sistema operativo completo.

The screenshot shows the 'Diskless Node' web interface. At the top, there is a blue header with the text 'Diskless Node'. Below the header is a navigation bar with several tabs: 'Usuarios', 'Ver configuración', 'Sistemas Operativos', 'Configurar arranque', 'Configurar máquina', 'Configurar grupo', 'Red', 'Mi cuenta', and 'Salir'. The 'Sistemas Operativos' tab is currently selected. Below the navigation bar, the 'Subir SO' (Upload OS) form is displayed. It includes fields for 'Nombre:' (Name), 'Versión:' (Version), and 'Descripción:' (Description). There is also a 'Fichero:' (File) section with an 'Examinar...' (Browse...) button and a 'Subir' (Upload) button. A message next to the 'Examinar...' button states 'No se ha seleccionado ningún archivo.' (No file has been selected).

Ilustración 15: Formulario para subir sistema operativo

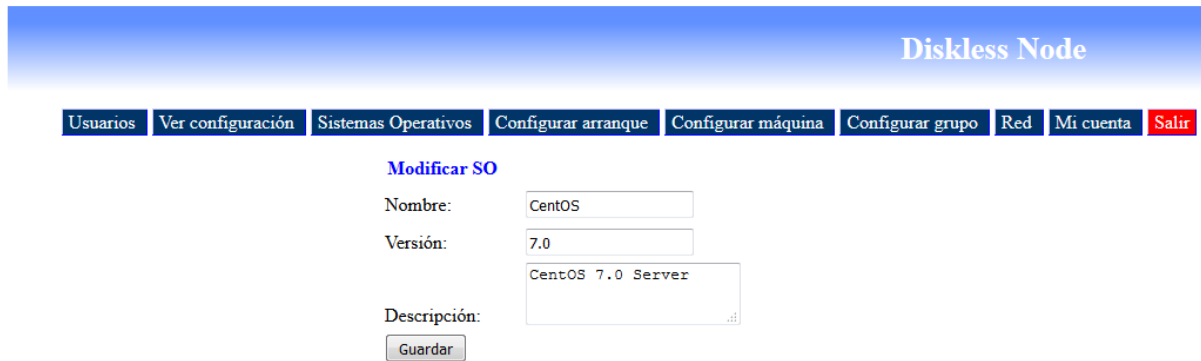
Modificar sistema operativo

Para modificar un sistema operativo al sistema hay que ir a *Sistemas operativos / Modificar SO*. Encontramos un desplegable donde se muestran los sistemas operativos que se han subido:

The screenshot shows the 'Diskless Node' web interface. At the top, there is a blue header with the text 'Diskless Node'. Below the header is a navigation bar with several tabs: 'Usuarios', 'Ver configuración', 'Sistemas Operativos', 'Configurar arranque', 'Configurar máquina', 'Configurar grupo', 'Red', 'Mi cuenta', and 'Salir'. The 'Sistemas Operativos' tab is currently selected. Below the navigation bar, the 'Seleccionar OS a editar' (Select OS to edit) form is displayed. It includes a dropdown menu with the following options: 'CentOs 7.0', 'CentOs 7.0', 'Debian 8.0', and 'Fedora 21'. There is also a 'Continuar' (Continue) button.

Ilustración 16: Formulario para seleccionar la modificación de sistema operativo

A continuación se muestra el formulario donde se pueden modificar los siguientes datos del sistema operativo: nombre, versión y descripción.




The screenshot shows the 'Diskless Node' configuration page. At the top, there's a blue header with the text 'Diskless Node'. Below it is a navigation bar with buttons: 'Usuarios', 'Ver configuración', 'Sistemas Operativos', 'Configurar arranque', 'Configurar máquina', 'Configurar grupo', 'Red', 'Mi cuenta', and 'Salir'. The 'Configurar arranque' button is highlighted. The main content area is titled 'Modificar SO' and contains a form with the following fields: 'Nombre:' with a text input containing 'CentOS', 'Versión:' with a text input containing '7.0', and 'Descripción:' with a text area containing 'CentOS 7.0 Server'. There is a 'Guardar' button at the bottom of the form.

Ilustración 17: Formulario de modificación de sistema operativo

Eliminar sistema operativo

Para eliminar un sistema operativo al sistema hay que ir a *Sistemas operativos / Eliminar SO*. Encontramos un desplegable donde se muestran los sistemas operativos del sistema.



The screenshot shows the 'Diskless Node' configuration page. At the top, there's a blue header with the text 'Diskless Node'. Below it is a navigation bar with buttons: 'Usuarios', 'Ver configuración', 'Sistemas Operativos', 'Configurar arranque', 'Configurar máquina', 'Configurar grupo', 'Red', 'Mi cuenta', and 'Salir'. The 'Sistemas Operativos' button is highlighted. The main content area is titled 'Eliminar un SO' and contains a form with a dropdown menu showing 'CentOS 7.0' (which is highlighted) and other options: 'CentOS 7.0', 'Debian 8.0', and 'Fedora 21'. There is an 'Eliminar' button next to the dropdown.

Ilustración 18: Formulario de eliminación de sistema operativo

Configurar arranque de la máquina

Configurar el arranque de una máquina

Para configurar el sistema operativo de arranque de una máquina hay que ir a *Configurar arranque / Configurar máquina*. Encontramos dos menús desplegables:

- Nombre: se selecciona la máquina que se quiere configurar.
- SO: se selecciona el sistema operativo que va a arrancar la máquina seleccionada.



The screenshot shows a web interface titled "Diskless Node". At the top, there is a navigation bar with five buttons: "Ver configuración", "Configurar arranque", "Configurar grupo", "Mi cuenta", and "Salir". The "Configurar arranque" button is highlighted. Below the navigation bar, the page title "Configurar arranque de una máquina" is displayed. The form contains two dropdown menus: "Nombre:" with the value "Máquina 2" and "SO:" with the value "CentOS 7.0". Below these fields is a "Guardar" button.

Ilustración 19: Formulario de configuración de arranque de máquina

Configurar el arranque de un grupo de máquinas

Para configurar el sistema operativo de arranque de un grupo de máquinas hay que ir a *Configurar arranque / Configurar grupo*. Encontramos dos menús desplegables:

- Nombre: se selecciona el grupo que se quiere configurar.
- SO: se selecciona el sistema operativo que va a arrancar el grupo de máquinas seleccionadas.



The screenshot shows the same "Diskless Node" web interface, but with the "Configurar grupo" button highlighted in the navigation bar. The page title is now "Configurar arranque de un grupo". The form contains two dropdown menus: "Nombre:" with the value "Grupo C" and "SO:" with the value "Debian 8.0". Below these fields is a "Guardar" button.

Ilustración 20: Formulario de configuración de arranque de grupo

Configurar el arranque de todas las máquinas

Para configurar el sistema operativo de arranque de todas las máquina hay que ir a *Configurar arranque* / *Configurar todos*. Encontramos el siguiente menú desplegable:

- SO: se selecciona el sistema operativo que van a arrancar todas las máquinas.



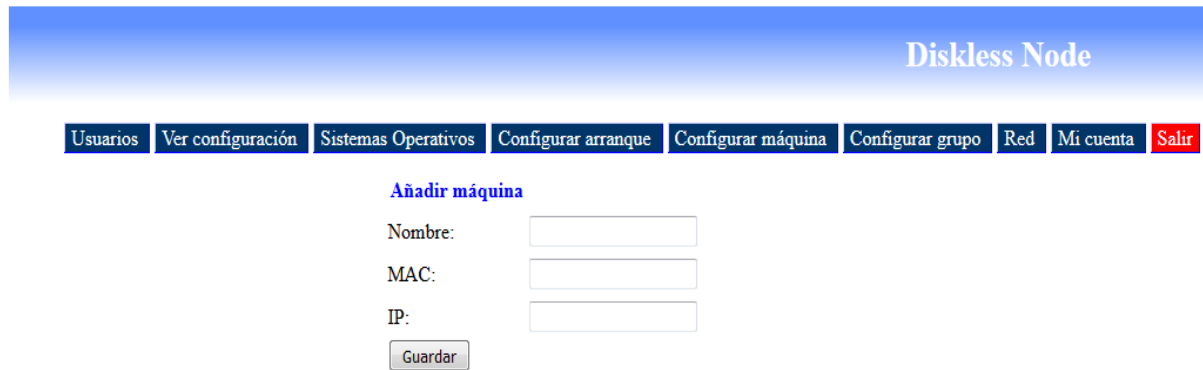
Ilustración 21: Formulario de configuración de arranque de todas las máquinas

Máquinas del sistema

Añadir máquinas

Para añadir máquinas al sistema hay que ir a *Configurar máquina* / *Añadir máquina*. Encontramos un formulario con tres campos:

- Nombre: nombre que se le va a asignar a esa máquina en el sistema.
- MAC: dirección MAC de la máquina.
- IP: dirección IP que se le va a asignar a esa máquina.

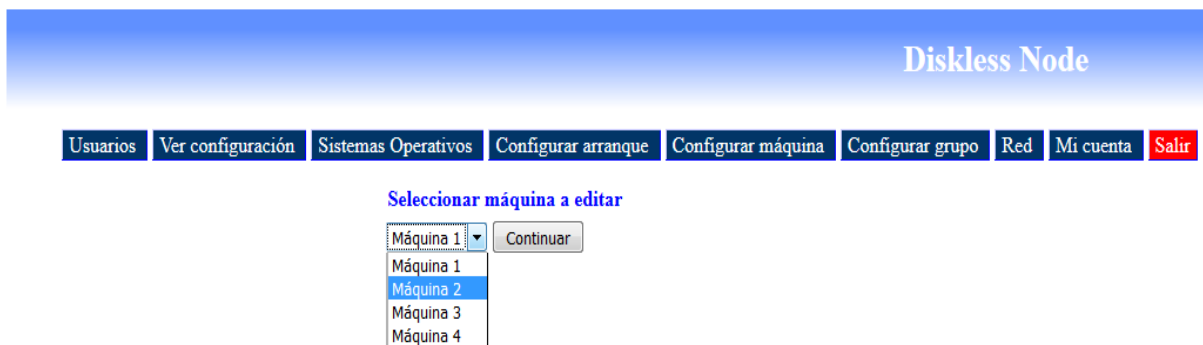


The screenshot shows the 'Diskless Node' web interface. At the top, there's a blue header with the title 'Diskless Node'. Below it is a navigation bar with buttons: 'Usuarios', 'Ver configuración', 'Sistemas Operativos', 'Configurar arranque', 'Configurar máquina', 'Configurar grupo', 'Red', 'Mi cuenta', and 'Salir'. The 'Configurar máquina' button is highlighted. The main content area is titled 'Añadir máquina' and contains three input fields labeled 'Nombre:', 'MAC:', and 'IP:'. Below these fields is a 'Guardar' button.

Ilustración 22: Formulario para configurar una máquina

Modificar máquinas

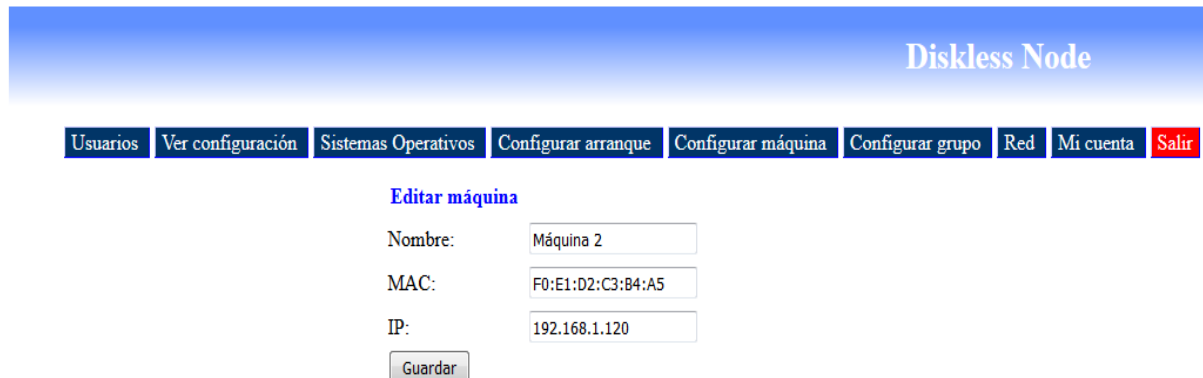
Para modificar la configuración de una máquina hay que ir a *Configurar máquina / Modificar máquina*. Encontramos un formulario con un menú desplegable donde se muestran las máquinas configuradas.



The screenshot shows the 'Diskless Node' web interface. At the top, there's a blue header with the title 'Diskless Node'. Below it is a navigation bar with buttons: 'Usuarios', 'Ver configuración', 'Sistemas Operativos', 'Configurar arranque', 'Configurar máquina', 'Configurar grupo', 'Red', 'Mi cuenta', and 'Salir'. The 'Configurar máquina' button is highlighted. The main content area is titled 'Seleccionar máquina a editar' and contains a dropdown menu with the following options: 'Máquina 1', 'Máquina 2', 'Máquina 3', and 'Máquina 4'. The 'Máquina 2' option is selected. To the right of the dropdown menu is a 'Continuar' button.

Ilustración 23: Ilustración 23: Formulario para seleccionar la máquina a modificar
A continuación encontramos un formulario con tres campos, igual que en *Añadir máquinas*:

- Nombre: nombre que se le va a asignar a esa máquina en el sistema.
- MAC: dirección MAC de la máquina.
- IP: dirección IP que se le va a asignar a esa máquina.

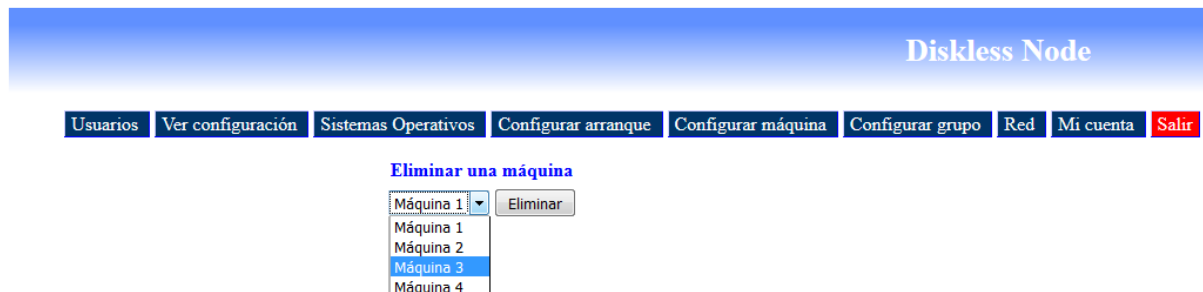


The screenshot shows the 'Diskless Node' web interface. At the top, there's a blue header with the text 'Diskless Node'. Below it is a navigation bar with several tabs: 'Usuarios', 'Ver configuración', 'Sistemas Operativos', 'Configurar arranque', 'Configurar máquina', 'Configurar grupo', 'Red', 'Mi cuenta', and 'Salir'. The 'Configurar máquina' tab is selected. Below the navigation bar, there's a link 'Editar máquina'. Under this link, there's a form with three input fields: 'Nombre:' with the value 'Máquina 2', 'MAC:' with the value 'F0:E1:D2:C3:B4:A5', and 'IP:' with the value '192.168.1.120'. At the bottom of the form is a 'Guardar' button.

Ilustración 24: Formulario para modificar la configuración de una máquina

Eliminar máquinas

Para eliminar máquinas al sistema hay que ir a *Configurar máquina / Eliminar máquina*. Encontramos un formulario con un desplegable donde se muestran las máquinas del sistema.



The screenshot shows the 'Diskless Node' web interface with the 'Configurar máquina' tab selected. Below the navigation bar, there's a link 'Eliminar una máquina'. Under this link, there's a form with a dropdown menu showing a list of machines: 'Máquina 1', 'Máquina 2', 'Máquina 3', and 'Máquina 4'. The 'Eliminar' button is next to the dropdown menu.

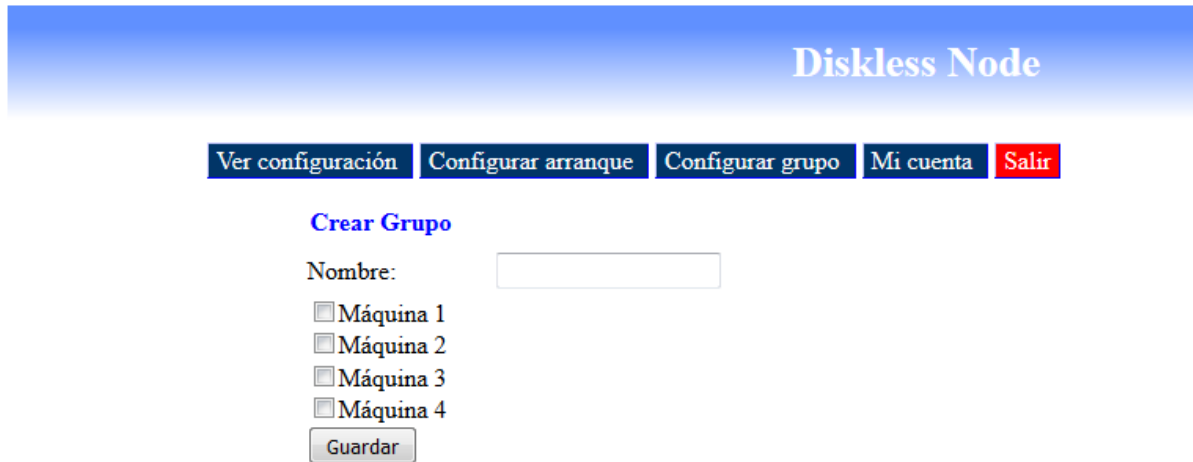
Ilustración 25: Formulario para eliminar máquinas

Configurar grupos

Crear un grupo

Para crear un grupo en el sistema hay que ir a *Configurar grupo / Crear grupo*. Encontramos un formulario con los siguientes campos:

- Nombre: nombre que se le va a asignar al grupo.
- Lista de las máquinas que van a formar parte del grupo

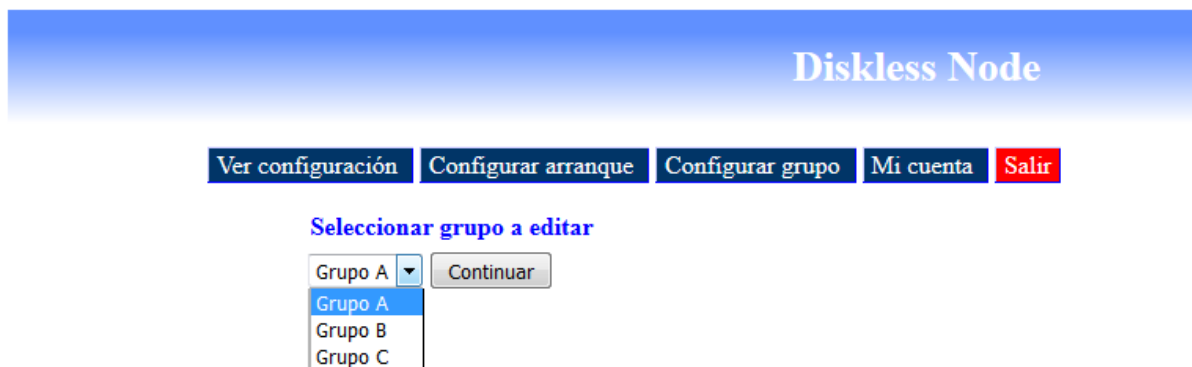


The screenshot shows the 'Diskless Node' web interface. At the top, there's a blue header with the text 'Diskless Node'. Below the header is a navigation bar with five buttons: 'Ver configuración', 'Configurar arranque', 'Configurar grupo', 'Mi cuenta', and 'Salir'. The 'Configurar grupo' button is highlighted. Below the navigation bar, the page title is 'Crear Grupo'. There is a text input field labeled 'Nombre:'. Below the input field are four checkboxes labeled 'Máquina 1', 'Máquina 2', 'Máquina 3', and 'Máquina 4'. At the bottom of the form is a 'Guardar' (Save) button.

Ilustración 26: Formulario para crear un grupo de máquinas

Modificar un grupo

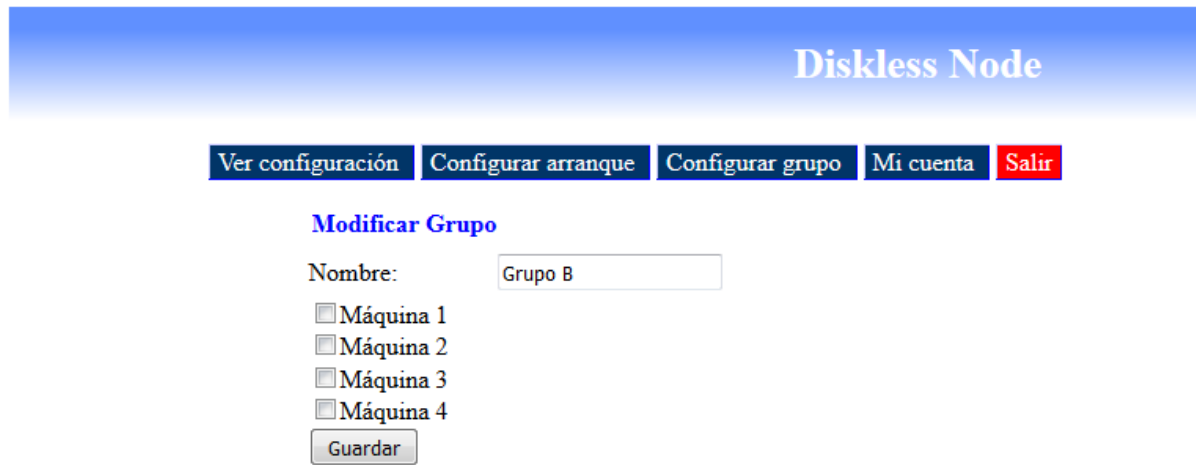
Para modificar un grupo del sistema hay que ir a *Configurar grupo / Modificar grupo*. Encontramos un formulario con un menú desplegable donde se muestran los grupos que han sido creados.



The screenshot shows the 'Diskless Node' web interface. At the top, there's a blue header with the text 'Diskless Node'. Below the header is a navigation bar with five buttons: 'Ver configuración', 'Configurar arranque', 'Configurar grupo', 'Mi cuenta', and 'Salir'. The 'Configurar grupo' button is highlighted. Below the navigation bar, the page title is 'Seleccionar grupo a editar'. There is a dropdown menu showing 'Grupo A' with a downward arrow. Below the dropdown menu are three options: 'Grupo A', 'Grupo B', and 'Grupo C'. To the right of the dropdown menu is a 'Continuar' (Continue) button.

Ilustración 27: Formulario para seleccionar la modificación de un grupo de máquinas

A continuación encontramos un formulario con dos campos, igual que en *Crear grupo*:

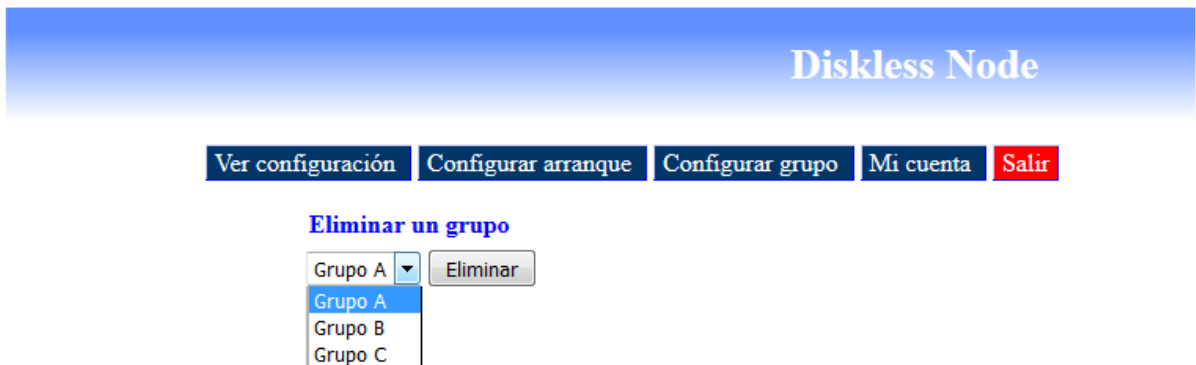


The screenshot shows a web interface titled "Diskless Node". At the top, there is a navigation bar with five buttons: "Ver configuración", "Configurar arranque", "Configurar grupo", "Mi cuenta", and "Salir". Below the navigation bar, the section "Modificar Grupo" is displayed. It contains a label "Nombre:" followed by a text input field containing "Grupo B". Below the input field, there are four checkboxes labeled "Máquina 1", "Máquina 2", "Máquina 3", and "Máquina 4". At the bottom of this section is a "Guardar" button.

Ilustración 28: Formulario para modificar un grupo de máquinas

Eliminar un grupo

Para eliminar un grupo del sistema hay que ir a *Configurar grupo / Eliminar grupo*. Encontramos un formulario con un desplegable donde se muestran los grupos del sistema.



The screenshot shows the same "Diskless Node" web interface. The navigation bar is identical. Below it, the section "Eliminar un grupo" is displayed. It features a dropdown menu currently showing "Grupo A", with a list of options: "Grupo A", "Grupo B", and "Grupo C". To the right of the dropdown is an "Eliminar" button.

Ilustración 29: Formulario para eliminar un grupo de máquinas

Configuración de la red

En el siguiente menú se puede realizar la configuración de red del servidor DHCP.

Hay dos secciones:

- Puertos: puertos a través de los cuales se realizan y contestan las peticiones DHCP.
- Red: configuración de la red
 - Subred: Parte de la red asignada a una puerta de enlace.
 - Máscara de red: Combinación de bits que indican la red y la subred.
 - Rango (inicio): Inicio del rango de direcciones IP que se va a ofrecer a la red.
 - Rango (fin): Fin del rango de direcciones IP que se va a ofrecer a la red.
 - Gateway: Dirección IP de la puerta de enlace de la red.
 - DNS 1: Dirección IP del servidor DNS principal.
 - DNS 2: Dirección IP del servidor DNS secundario.
 - Broadcast: Dirección IP de broadcast
 - Next-server: Dirección IP del servidor TFTP
 - Root path: Ruta donde se alojan los ficheros de los sistemas operativos

The screenshot shows a web-based configuration interface titled "Diskless Node". At the top, there is a navigation bar with several tabs: "Usuarios", "Ver configuración", "Sistemas Operativos", "Configurar arranque", "Configurar máquina", "Configurar grupo", "Red", "Mi cuenta", and "Salir". The "Red" tab is currently selected. Below the navigation bar, the page is titled "Configuración de puertos" and "Configuración de red". Under "Configuración de puertos", there are two input fields: "Local-port:" with the value "1067" and "Remote-port:" with the value "1068". Under "Configuración de red", there are ten input fields: "Subred:" (192.168.1.0), "Máscara de red:" (255.255.255.0), "Rango (inicio):" (192.168.1.96), "Rango (fin):" (192.168.1.192), "Gateway:" (192.168.1.1), "DNS 1:" (192.168.1.2), "DNS 2:" (192.168.1.3), "Broadcast:" (192.168.1.255), "Next Server:" (192.168.1.24), and "Root path:" (/nfsroot/). At the bottom of the form, there is a "Guardar" button.

Configuración de puertos	
Local-port:	1067
Remote-port:	1068

Configuración de red	
Subred:	192.168.1.0
Máscara de red:	255.255.255.0
Rango (inicio):	192.168.1.96
Rango (fin):	192.168.1.192
Gateway:	192.168.1.1
DNS 1:	192.168.1.2
DNS 2:	192.168.1.3
Broadcast:	192.168.1.255
Next Server:	192.168.1.24
Root path:	/nfsroot/

Guardar

Ilustración 30: Formulario para modificar la configuración de red

Modificar la contraseña

Para modificar la contraseña hay que ir a *Mi cuenta / Configurar password*. Encontramos un formulario donde hay que introducir la contraseña previa, la nueva contraseña y confirmar la contraseña.



The screenshot shows a web interface titled "Diskless Node". Below the title is a navigation bar with five buttons: "Ver configuración", "Configurar arranque", "Configurar grupo", "Mi cuenta", and "Salir". The "Mi cuenta" button is highlighted. Below the navigation bar, the section "Modificar contraseña" is displayed. It contains three input fields labeled "Antigua:", "Nueva:", and "Confirmar:". Below these fields is a button labeled "Modificar".

Ilustración 31: Formulario para modificar contraseña de usuario

Base de datos

La base de datos tiene como objetivo almacenar

Se puede dividir en 3 partes:

- Configuración de las máquinas: se almacenan los datos relativos a las máquinas, agrupaciones de máquinas y los sistemas operativos.
- Configuración de los usuarios: lista de usuarios y de sus permisos
- Configuración de la red: configuración del servidor DHCP.

Modelo Entidad-Relación

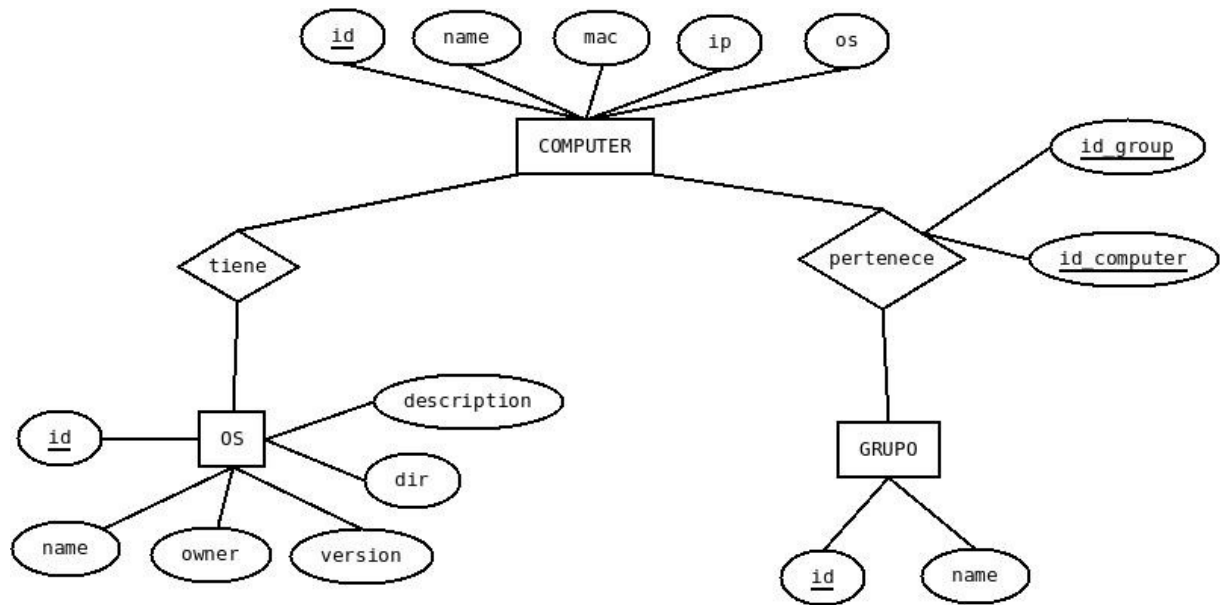


Ilustración 32: Diagrama del Modelo Entidad-Relación de la configuración de las máquinas

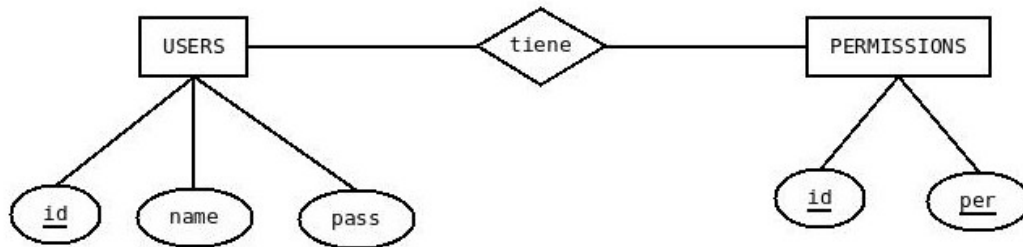


Ilustración 33: Diagrama del Modelo Entidad-Relación de la configuración de los usuarios

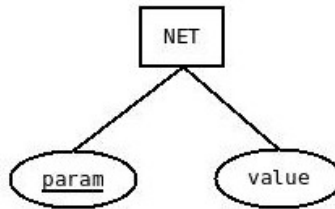


Ilustración 34: Diagrama del Modelo Entidad-Relación de la configuración de la red

Explicación de las tablas

Tabla computer

Tabla que contiene la lista y configuración de las máquinas. Esta tabla almacena todos los datos relativos a la configuración de la máquina. Por un lado tiene el nombre identificador de la máquina. Por otro lado la configuración de red del sistema (ip y mac) y por último el identificador del sistema operativo que carga esa máquina al arrancar.

- id: identificador de la máquina.
- mac: dirección MAC de la máquina.
- name: nombre que se le ha dado a la máquina.
- ip: dirección IP que se le asigna a la máquina.
- os: identificador del sistema operativo que va a arrancar la máquina.

Tabla grupo

Tabla que contiene una lista con grupos.

- id: identificador del grupo
- name: nombre del grupo

Tabla computer_grupo

Tabla que une las máquinas con su/s grupos. Asocia cada una de las máquinas configuradas en el sistema con uno o varios grupos configurados.

- id_group: identificador del grupo
- id_computer: identificador de la máquina

Tabla os

Tabla que contiene la lista de sistemas operativos. Por un lado identifica el sistema operativo con su nombre, versión y descripción del mismo. Por otro lado almacena la ruta del servidor donde está almacenado este sistema operativo, que se cargará en las máquinas clientes seleccionadas.

- id: identificador del sistema operativo
- name: nombre del sistema operativo
- owner: propietario del sistema operativo
- version: versión del sistema operativo
- dir: directorio donde está alojado el sistema operativo
- description: descripción del sistema operativo

Tabla users

Tabla que contiene la lista de usuarios. Sirve para validar el login de los usuarios en el sistema.

- id: identificador del usuario
- name: nombre del usuario
- pass: contraseña hasheada con SHA-1

Tabla permissions

Tabla que contiene la lista de permisos de los usuarios. Permite asignar distintos tipos de permisos a cada uno de los usuarios del sistema.

- id: identificador del usuario
- per: tipo de permiso asignado al usuario

Tabla net

Tabla que contiene la configuración de la red. Cada registro de esta tabla tiene una clave, que es el nombre del parámetro a configurar (por ejemplo, la subred o el gateway) con su valor correspondiente. Estos valores se almacenan también en el fichero de configuración del servidor DHCP.

- param: nombre del parámetro
- valor: valor del parámetro

3.5 Detalles de implementación e implantación

3.5.1 Detalles de implementación

El servidor DHCP configura las direcciones IP que van a asignarse a los diferentes equipos, el gestor de arranque pxelinux.0 y el directorio raíz donde se alojan los ficheros que se comparten mediante NFS

El el servidor tftp se configura la ruta donde se aloja el fichero pxelinux.0 y se configura el script que arrancará el kernel.

Para el servidor NFS se configura la ruta donde se alojan los diferentes sistemas operativos, se configuran los permisos y direcciones IP a las que se exporta en servicio.

Un posible problema al configurar un *diskless node* es disponer en otra máquina de un servidor DHCP por lo que puede haber conflictos. Para solucionarlo se puede compilar el cargador de arranque PXE y modificar estos puertos.

La configuración por defecto de los puertos son: Bootstrap Protocol Server (67) y Bootstrap Protocol Client (68). Para esta implementación se han modificado estos puertos por el 1067 y 1068 para evitar la

3.5.2 Detalles de implantación

La implantación se puede dividir en tres partes: la primera da el servicio *Diskless Node*, la segunda proporciona la interfaz de configuración y la última el cliente diskless.

Servicio Diskless node

Los requisitos de software son:

- Distribución Debian: El sistema operativo base.
- Servidor DHCP: Proporcionará direcciones IP a los *diskless nodes*..
- Servidor TFTP: Se encarga de enviar el kernel básico a los *diskless nodes*.
- Servidor NFS: Se encarga de enviar el resto de ficheros a los *diskless nodes*.

Los requisitos mínimos hardware son:

- Tarjeta de red
- La CPU y la memoria dependerá de la cantidad de sistemas que se deseen tener a la vez iniciados.
- El disco duro dependerá de la cantidad de sistemas operativos que se vayan a instalar en el servidor.

Servicio de configuración

Los requisitos software son:

- Distribución Debian: El sistema operativo base.
- Servidor Apache: Encargado de proporcionar los servicios web para la configuración

- Servidor PHP: Ofrece la posibilidad de ejecutar la aplicación que modifica la configuración del servidor.
- Base de datos MySQL: Almacena la configuración

Los requisitos hardware son los mismos que los indicados en el punto anterior ya que los servicios *diskless node* y el de configuración están en la misma máquina.

Cliente diskless

Los clientes sólo tienen un requisito software: el entorno de arranque PXE.

Los requisitos mínimos hardware son:

- Tarjeta de red.

Según el método por el que se cargue el entorno de arranque PXE será necesario uno u otro requisito hardware:

- En caso de cargar una imagen de CD para arrancar sería necesario un lector de CD
- En caso de cargar una imagen USB para arrancar sería necesario un puerto USB

3.6 Evaluación

El proceso de evaluación servirá para comprobar el rendimiento y la flexibilidad del sistema desarrollado y de su viabilidad según distintos parámetros. El objetivo es verificar si el sistema es capaz de realizar su función dependiendo de la carga del sistema.

Para realizar esta evaluación se han tenido en cuenta tres parámetros de configuración:

- Microprocesador del servidor: se evalúa si el procesador es capaz de responder todas las solicitudes
- Capacidad de la red: se evalúa cuánto influye la capacidad de la red en la respuesta de las solicitudes
- Sistema operativo elegido: se evalúa si el sistema operativo elegido influye en el tiempo de carga.

Debido a que la implementación ha sido realizada utilizando máquinas virtuales se harán todas las pruebas que sean posible en las mismas. En caso de que

3.6.1 Evaluación con respecto al microprocesador

Se realizan una serie de casos de prueba en los cuales se pretende evaluar la importancia del microprocesador en la carga del sistema operativo.

Al tener instalado el servidor en una máquina virtual es fácilmente configurable el rendimiento de un procesador. En este caso se configurará para que rinda como distintos procesadores.

Caso de prueba	CP 1.1: Microprocesador Pentium
Prerrequisitos	Sistema operativo instalado y configurado Máquina virtual configurada con el rendimiento de un Pentium El resto de parámetros de configuración debe ser el mismo en todas las pruebas de este grupo
Datos de salida	Tiempo utilizado en arrancar el sistema operativo
Conclusiones	Arranque correcto y tiempo de carga aceptable

Tabla 49: CP 1.1: Microprocesador Pentium

Caso de prueba	CP 1.2: Microprocesador Pentium IV
Prerrequisitos	Sistema operativo instalado y configurado Máquina virtual configurada con el rendimiento de un Pentium IV El resto de parámetros de configuración debe ser el mismo en todas las pruebas de este grupo
Datos de salida	Tiempo utilizado en arrancar el sistema operativo
Conclusiones	Arranque correcto y tiempo de carga aceptable

Tabla 50: CP 1.2: Microprocesador Pentium IV

Caso de prueba	CP 1.3: Microprocesador AMD Athlon II
Prerrequisitos	Sistema operativo instalado y configurado Máquina virtual configurada con el rendimiento de un AMD Athlon II El resto de parámetros de configuración debe ser el mismo en todas las pruebas de este grupo
Datos de salida	Tiempo utilizado en arrancar el sistema operativo
Conclusiones	Arranque correcto y tiempo de carga aceptable

Tabla 51: CP 1.3: Microprocesador AMD Athlon II

Procesador	Tiempo de carga	Caso de prueba
Intel Pentium	32 s	CP 1.1
Intel Pentium 4	25 s	CP 1.2
AMD Athlon II	24 s	CP 1.3

Tabla 52: Tiempos de carga dependiente del procesador

Evaluación con respecto al microprocesador

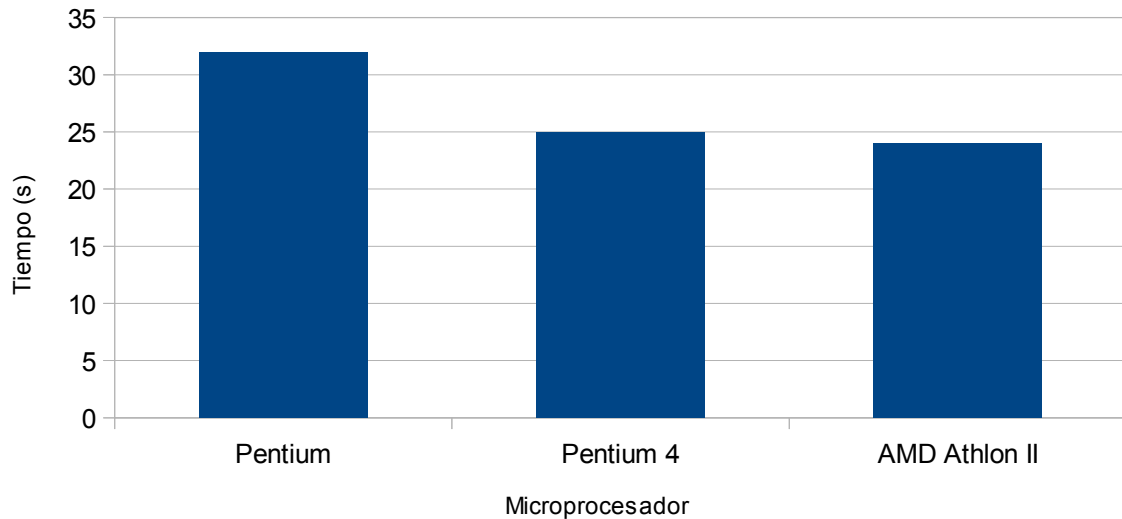


Ilustración 35: Tiempos de carga dependiente del procesador

Como podemos observar en equipos relativamente actuales la diferencia de tiempos es mínima, sin embargo según vamos eligiendo equipos más antiguos el tiempo de carga aumenta algo más.

3.6.2 Evaluación con respecto a la red

Se realizan una serie de casos de prueba en los cuales se pretende evaluar la importancia de la carga de red en la carga del sistema operativo simultáneo en diversas máquinas. Esta prueba es importante que se realice en distintas máquinas ya que de no ser así, no se podrá medir el impacto de la red en la carga de los sistemas.

Para realizar las medidas se arrancarán una serie de máquinas a la vez y se medirán los tiempos que tarda el sistema operativo en arrancar.

Caso de prueba	CP 2.1: Arranque en una máquina
Prerrequisitos	Sistema operativo instalado y configurado Máquina virtual configurada con el rendimiento de un AMD Athlon II Solo una máquina arranca en ese preciso momento El resto de parámetros de configuración debe ser el mismo en todas las pruebas de este grupo
Datos de salida	Tiempo utilizado en arrancar el sistema operativo
Conclusiones	Arranque correcto y tiempo de carga aceptable

Tabla 53: CP 2.1: Arranque en una máquina

Caso de prueba	CP 2.2: Arranque simultáneo en dos máquinas
Prerrequisitos	Sistema operativo instalado y configurado Máquina virtual configurada con el rendimiento de un AMD Athlon II Dos máquinas arrancando en ese preciso momento El resto de parámetros de configuración debe ser el mismo en todas las pruebas de este grupo
Datos de salida	Tiempo utilizado en arrancar el sistema operativo
Conclusiones	Arranque correcto y tiempo de carga aceptable

Tabla 54: CP 2.2: Arranque simultáneo en dos máquinas

Caso de prueba	CP 2.3: Arranque simultáneo en tres máquinas
Prerrequisitos	Sistema operativo instalado y configurado Máquina virtual configurada con el rendimiento de un AMD Athlon II Tres máquinas arrancando en ese preciso momento El resto de parámetros de configuración debe ser el mismo en todas las pruebas de este grupo
Datos de salida	Tiempo utilizado en arrancar el sistema operativo
Conclusiones	Arranque correcto y tiempo de carga aceptable

Tabla 55: CP 2.3: Arranque simultáneo en tres máquinas

Caso de prueba	CP 2.4: Arranque simultáneo en cuatro máquinas
Prerrequisitos	Sistema operativo instalado y configurado Máquina virtual configurada con el rendimiento de un AMD Athlon II Cuatro máquinas arrancando en ese preciso momento El resto de parámetros de configuración debe ser el mismo en todas las pruebas de este grupo
Datos de salida	Tiempo utilizado en arrancar el sistema operativo
Conclusiones	Arranque correcto y tiempo de carga aceptable aunque se nota una mayor lentitud de arranque

Tabla 56: CP 2.4: Arranque simultáneo en cuatro máquinas

Número de equipos	Tiempo de carga	Caso de prueba
1	24 s	CP 2.1
2	30 s	CP 2.2
3	45 s	CP 2.3
4	60 s	CP 2.4

Tabla 57: Tiempos de carga dependiente de la red

Tiempos de carga dependiente de la red

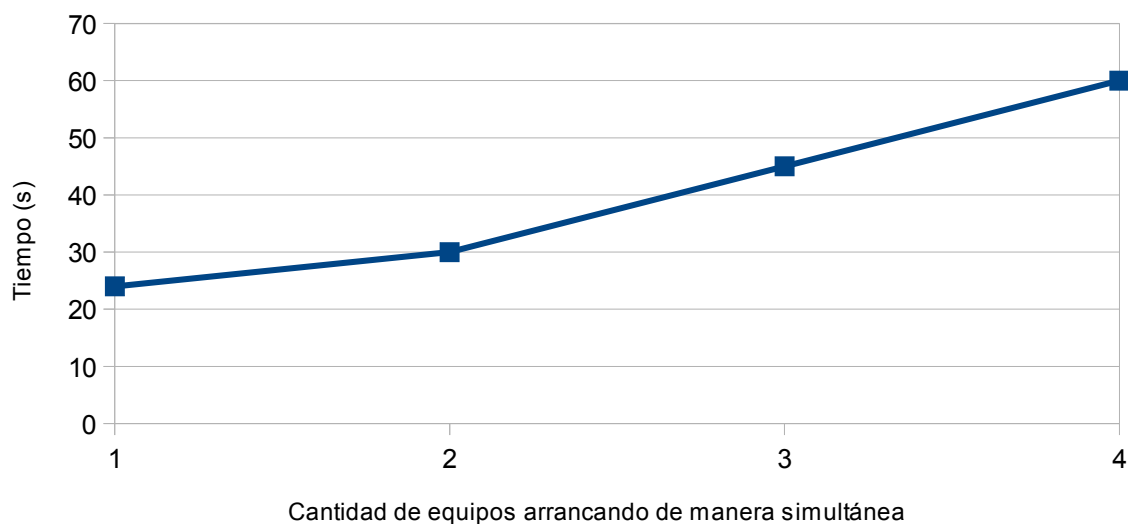


Ilustración 36: Tiempos de carga dependiente de la red

Como podemos observar el uso de la red sí que afecta de manera importante al rendimiento

del sistema. De manera que según aumenta la cantidad de equipos que solicitan el sistema de ficheros, aumenta el tiempo necesario para servirlo.

3.6.3 Análisis de resultados

Tras la ejecución de los distintos casos de prueba, que se ha superado de forma satisfactoria, llegamos a la conclusión de que el sistema cumple con toda la funcionalidad requerida y exigida por el usuario de forma que satisface los requisitos.

Llegamos a las siguientes conclusiones:

- El sistema configurador funciona de manera correcta ya que los clientes arrancan el sistema operativo seleccionado de forma satisfactoria.
- El sistema funciona de manera satisfactoria, es decir, arranca todos los sistemas solicitados.
- El microprocesador afecta de forma poco importante a la carga del sistema de los clientes, en especial si son relativamente modernos.
- La red tiene una importancia alta en cuanto al rendimiento de la carga del sistema operativo de los clientes.
- En caso de que el tiempo aumentara exponencialmente, una solución sencilla sería reducir el número de equipos que arrancan de manera simultánea.

Casos de prueba	Conclusión
Casos de prueba de microprocesador	
CP 1.1	OK
CP 1.2	OK
CP 1.3	OK
Casos de prueba de red	
CP 2.1	OK
CP 2.2	OK
CP 2.3	OK
CP 2.4	OK

Tabla 58: Resultados de los casos de prueba

4 Planificación

En esta sección se establece la planificación de desarrollo del proyecto. Se ha desarrollado en 4 fases: análisis, diseño, implementación y pruebas. A la cual se añade una fase paralela de documentación.

El tiempo estimado es de 59 días: desde el 15 de junio de 2015 hasta el 3 de septiembre de

2015. En la siguiente tabla se detalla la planificación por cada una de las fases:

Fase	Duración	Inicio	Fin
Análisis	15 días	06/04/2015	24/04/2015
Diseño	21 días	27/04/2015	25/05/2015
Implementación	37 días	26/05/2015	15/07/2015
Pruebas	10 días	16/07/2015	29/07/2015
Testeo	5 días	30/07/2015	05/08/2015
Documentación	22 días	06/08/2015	04/09/2015

Tabla 59: Planificación

A continuación se detalla el diagrama de Gantt:

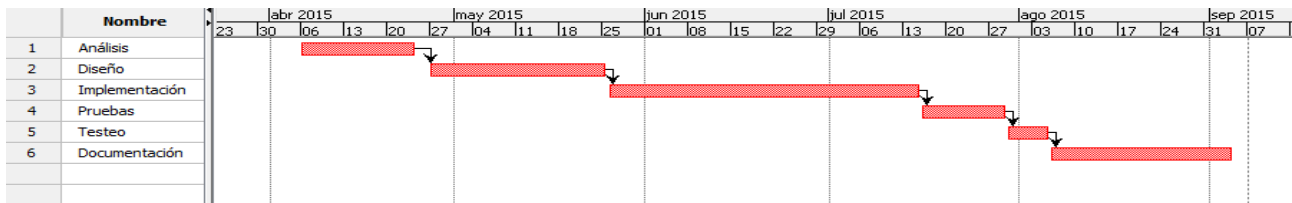


Ilustración 37: Diagrama de Gantt

4.1 Presupuesto

A continuación se describe los costes correspondientes al proyecto, incluyendo los beneficios.

4.1.1 Recursos humanos

Este proyecto contará con un equipo de 3 personas: un jefe de proyecto, un analista y un programador.

El tiempo dedicado por cada miembro del equipo a cada una de las tareas es el siguiente:

Fase	Jefe de proyecto	Analista	Programador
Análisis	15 días (120h)		
Diseño		21 días (168h)	
Implementación			37 días (296h)
Pruebas		15 días (120h)	
Documentación	22 días (176h)		

Tabla 60: Tiempo dedicado

A continuación se desglosan los costes del personal según su rol en el proyecto desglosado. Por un lado está el coste bruto por hora que percibe el trabajador, el coste a la seguridad social que paga la empresa y el coste total que paga la empresa por hora de servicio de cada uno de los

trabajadores.

Según la Ley de Presupuestos Generales del Estado para el año 2015, los tipos de cotización por contingencias comunes de la seguridad social que pagan las empresas es el 23,6%. En cuanto a otros conceptos la empresa paga el 6,3%, desglosándose en: desempleo (5,5%), formación profesional (0,6%) y fondo de garantía salarial (0,2%).

Fase	Coste/hora	Seguridad social – contingencias comunes	Seguridad social – otros conceptos	Coste/hora total
Jefe de proyecto	40 €	23,6%	6,3%	51,96 €
Analista	35 €	23,6%	6,3%	45,465 €
Programador	30 €	23,6%	6,3%	38,97 €

Tabla 61: Costes de personal según su rol

Teniendo en cuenta las dos tablas anteriores y partiendo de que todos los trabajadores realizan jornada completa obtenemos la siguiente tabla de costes totales de personal:

Fase	Coste/hora	Horas trabajadas	Coste total
Jefe de proyecto	51,96 €	37 días (296h)	15.380,16 €
Analista	45,465 €	36 días (288h)	13.093,92 €
Programador	38,97 €	37 días (296h)	11.535,12 €

Tabla 62: Coste total de personal

El coste total de personal contando a los 3 miembros es de: **40.009,20 €**

4.1.2 Equipamiento

A continuación se detallan los costes de equipamiento:

Recurso	Cantidad	Precio	Coste total
Local de trabajo	1	450 €	450 €
Ordenadores	3	600 €	1.800 €
Mesas y sillas	3	225 €	675 €
Conexión de red	2	59 €	118 €
Red eléctrica	2	80 €	160 €
Servidor	1	2.500 €	2.500 €
Diskless node	4	200 €	800 €

Tabla 63: Coste de equipamiento

El coste total del equipamiento es de **6.503 €**.

4.1.3 Coste de software

Para este proyecto se ha utilizado un 100% de software libre, por lo que el coste de este apartado es **0 €**

4.1.4 Coste de riesgo

A los costes anteriormente calculados se le añade un coste de riesgo del 10% para hacer frente a posibles inconvenientes que puedan surgir y alargar el proyecto.

Los costes anteriores suman 30.807,80 €, por lo que el coste de riesgo es de **4.651,22 €**

4.1.5 Beneficios

Se desea obtener un 20% de beneficio de la elaboración de este proyecto.

Los costes anteriores suman 30.807,80 €, por lo que el coste de riesgo es de **9.302,44 €**

4.1.6 Impuestos

A la suma de costes anteriores hay que añadir el 21% correspondiente al Impuesto sobre el Valor Añadido (IVA)

Los costes anteriores suman 60.465,86 €, por lo que los impuestos ascienden a **12.697,83 €**

4.1.7 Total

El total del proyecto asciende a: **73.163,69 €**

Presupuesto	Total
Recursos humanos	40.009,20 €
Equipamiento	6.503,00 €
Software	0 €
Riesgo	4.651,22 €
Beneficios	9.302,44 €
Impuestos	12.697,83 €
TOTAL sin IVA	60.465,86 €
TOTAL con IVA	73.163,69 €

Tabla 64: Coste total

5 Conclusiones y trabajos futuros

A continuación se recogen las conclusiones extraídas del proyecto. Esta sección se divide en cuatro apartados:

- Conclusiones

- Trabajos futuros
- Problemas encontrados
- Conclusiones personales

5.1 Conclusiones

Tras la implementación y evaluación del sistema implementado podemos llegar a la conclusión de que los objetivos definidos al inicio del proyecto se han cumplido de forma satisfactoria.

El primer objetivo era la construcción de una plataforma de nodos *diskless*. Este objetivo se ha cumplido correctamente gracias a la utilización de diversas herramientas y protocolos de red que permiten que un equipo sin disco inicie una configuración de red mediante PXE y DHCP, posteriormente cargue el kernel del sistema operativo mediante TFTP y finalmente cargue todo el sistema de ficheros mediante el protocolo NFS.

El segundo objetivo era el ahorro de costes de hardware. Este objetivo se ha cumplido gracias al perfecto funcionamiento y configuración del servidor y al buen rendimiento de los nodos *diskless*. La inversión en los nodos cliente necesitan de una inversión menor debido a que una parte importante de la carga que tendría en caso de ser un fat client o un equipo independiente la realiza el servidor.

El tercer objetivo es la facilidad de configuración de los entornos. Esta es la parte más importante del proyecto. La implementación de una web para configurar de manera sencilla, intuitiva y rápida la red y los equipos del sistema ha sido un éxito ya que mediante unos sencillos pasos cualquier usuario, tanto experimentados como domésticos, son capaces de configurar el servicio sin hacer mucho esfuerzo.

5.2 Trabajos futuros

A partir de este proyecto se pueden realizar infinidad de mejoras y nuevas características que lo lleven a una funcionalidad más completa.

Uno de los trabajos más sencillos que se pueden realizar es la separación del servidor DHCP del resto de servicios. Esto permitiría poder implantar esta solución en redes ya existentes y configuradas de antemano.

Uno de los principales problemas que puede haber en un equipo sin disco es el almacenado de documentos personales. La solución sencilla para resolver este problema sería añadir un pequeño disco duro en el cual cada usuario pueda guardarlos. Sin embargo, esto nos lleva a otro problema. Cada usuario solo podría utilizar la máquina en la que tiene el disco duro con sus documentos.

Para solucionarlo se puede implementar, por ejemplo, un disco duro con funcionalidad iSCSI el cual es un estándar que permite el uso del protocolo SCSI sobre redes TCP/IP. Gracias a esta solución ninguna máquina almacenaría información personal o documentos de ninguno de los usuarios y cualquier usuario podría utilizar cualquier máquina *diskless* sin tener el

problema del almacenaje de documentos.

Otra posibilidad de trabajo futuro sería implementar la posibilidad de arrancar un sistema operativo distinto a GNU/Linux. Esta ampliación de funcionalidad sería la más compleja de las propuestas. En el caso de otros sistemas UNIX sería relativamente sencilla su implementación. Sin embargo, en el caso de otros sistemas no UNIX e incluso propietarios, como Microsoft Windows, serían complejos de implementar.

5.3 Problemas encontrados

A lo largo de la realización del proyecto han surgido una serie de dificultades y problemas debidos al desconocimiento de una gran parte de tecnologías y herramientas utilizadas a lo largo de toda la implementación del sistema.

Uno de los problemas ha sido debido a la configuración de la red. En los equipos y redes domésticos y profesionales se trabaja sobre una red ya configurada, especialmente debido a que la gran mayoría de módem-router ya tienen implementado y configurado un servidor DHCP. Al configurar el servidor DHCP propio surge una colisión en los puertos de dicho protocolo (67 y 68 UDP).

La solución a este problema es sencilla: modificar los puertos de uno de los servidores DHCP. En este caso se modificaron los puertos de los servicios del proyecto implementado. Por un lado se modificó la configuración del servidor DHCP para utilizar otros puertos que no se estuvieran utilizando por otro servicio. Por otro lado hubo que modificar la configuración del cargador de arranque (PXE). Esta parte fue más laboriosa ya que hubo que descargar, buscar y modificar el código fuente de gPXE y posteriormente realizar la compilación del proyecto.

Otro de los problemas que han surgido es el de la configuración del servidor NFS. A pesar de ser una herramienta bastante usada y documentada su configuración es relativamente compleja. Por un lado hay que obtener el sistema de ficheros con el sistema operativo correctamente instalado y a continuación hay que configurar correctamente el servidor: tanto las direcciones IP a las que se va a servir el sistema de ficheros como las opciones de montaje del mismo.

En cuanto al sistema configurador el principal problema que hubo que resolver fue el de conseguir realizar un sistema lo suficientemente sencillo como para que casi cualquier usuario sea capaz de configurar los equipos de forma correcta y rápida pero de la misma forma lo suficientemente complejo como para permitir una gran variedad de configuraciones.

Para solucionar este problema se decidió asignar direcciones IP de forma estática con el servidor DHCP y permitir la configuración simultánea de una, varias o todas las máquinas de la red.

5.4 Conclusiones personales

Este proyecto me ha servido para aprender una gran cantidad de conceptos, tanto técnicos como organizativos, que seguramente me sean de gran utilidad en el futuro.

Por un lado conocer el esfuerzo que cuesta aprender una tecnología o una herramienta nueva,

que a pesar de haber sido ampliamente utilizada y documentada por una gran cantidad de personas cuesta aprender.

Por otro lado aprender, esforzarse e ilusionarse en la realización de un proyecto interesante y aprender de los propios errores a lo largo de la realización de un proyecto para hacerlo mejor en el siguiente.

Y por último ser capaz de organizarse correctamente. Investigar cómo otros han resuelto el mismo problema que tienes tú. Estimar los costes tanto económicos como de tiempo a la hora de realizar tareas.

6 Bibliografía utilizada

1. Wikipedia contributors. *Fat client* [en línea]. Wikipedia, The Free Encyclopedia, 2015 [fecha de consulta: 12 de febrero de 2015]. Disponible en http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Fat_client&oldid=413467255.
2. Colaboradores de Wikipedia. *Cliente pesado* [en línea]. Wikipedia, La enciclopedia libre, 2015 [fecha de consulta: 30 de octubre del 2010]. Disponible en http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Cliente_pesado&oldid=41395586.
3. Varios. *Thick client* [en línea]. The Tech Terms Computer Dictionary [fecha de consulta: 30 de marzo de 2015]. Disponible en <http://www.techterms.com/definition/thickclient>.
4. Wikipedia contributors. *Diskless node* [en línea]. Wikipedia, The Free Encyclopedia, 2015 [fecha de consulta: 9 de marzo de 2015]. Disponible en http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Diskless_node&oldid=417932452.
5. Colaboradores de Wikipedia. *Cliente híbrido* [en línea]. Wikipedia, La enciclopedia libre, 2015 [fecha de consulta: 10 de marzo del 2015]. Disponible en http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Cliente_h%C3%ADbrido&oldid=44707766.
6. Wikipedia contributors. *Thin client* [en línea]. Wikipedia, The Free Encyclopedia, 2015 [fecha de consulta: 26 de marzo de 2015]. Disponible en http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Thin_client&oldid=420872585.
7. Colaboradores de Wikipedia. *Cliente liviano* [en línea]. Wikipedia, La enciclopedia libre, 2015 [fecha de consulta: 28 de febrero del 2015]. Disponible en http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Cliente_liviano&oldid=44473721.
8. Varios. *Thin client* [en línea]. The Tech Terms Computer Dictionary [fecha de consulta: 30 de marzo de 2015]. Disponible en <http://www.techterms.com/definition/thinclient>.

9. Nemkin R. et al. *Diskless Nodes HOW-TO document for Linux* [en línea]. Internet FAQ Archives, 2002 [fecha de consulta: 30 de marzo de 2015]. Disponible en: <<http://www.faqs.org/docs/Linux-HOWTO/Diskless-HOWTO.html>>.
10. Wikipedia contributors. *Preboot Execution Environment* [en línea]. Wikipedia, The Free Encyclopedia, 2015 [fecha de consulta: 29 de marzo de 2015]. Disponible en <http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Preboot_Execution_Environment&oldid=421252745>.
11. Colaboradores de Wikipedia. *Preboot Execution Environment* [en línea]. Wikipedia, La enciclopedia libre, 2015 [fecha de consulta: 1 de febrero del 2015]. Disponible en <http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Preboot_Execution_Environment&oldid=43724988>.
12. Intel Corporation and SystemSoft. *Preboot Execution Environment (PXE) Specification Version 2.1* [en línea]. Intel Corporation, 1999 [fecha de consulta: 5 de abril de 2015]. Disponible en <<ftp://download.intel.com/design/archives/wfm/downloads/pxespec.pdf>>.
13. Varios. *Theory of PXE – Administration* [en línea]. Side Administration Tutorials [fecha de consulta: 30 de marzo de 2015]. Disponible en <<http://www.devshed.com/c/a/Administration/Network-Booting-via-PXE-the-Basics/1/>>.
14. Wikipedia contributors. *Dynamic Host Configuration Protocol* [en línea]. Wikipedia, The Free Encyclopedia, 2015 [fecha de consulta: 23 de marzo de 2015]. Disponible en <http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Dynamic_Host_Configuration_Protocol&oldid=420267357>.
15. Colaboradores de Wikipedia. *Dynamic Host Configuration Protocol* [en línea]. Wikipedia, La enciclopedia libre, 2015 [fecha de consulta: 9 de marzo del 2015]. Disponible en <http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Dynamic_Host_Configuration_Protocol&oldid=44684089>.
16. Droms, R. *Dynamic Host Configuration Protocol* [en línea]. RFC Editor, 1997 [fecha de consulta: 30 de marzo de 2015]. Disponible en <<http://tools.ietf.org/html/rfc2131>>.
17. Droms, R. et al. *Dynamic Host Configuration Protocol for IPv6 (DHCPv6)* [en línea]. RFC Editor, 2003 [fecha de consulta: 30 de marzo de 2015]. Disponible en <<http://tools.ietf.org/html/rfc3315>>.
18. Patrick, M. *DHCP Relay Agent Information Option* [en línea]. RFC Editor, 2001 [fecha de consulta: 30 de marzo de 2015]. Disponible en <<http://tools.ietf.org/html/rfc3046>>.

19. Cisco Systems. *Authentication for DHCP Messages* [en línea]. RFC Editor, 2001 [fecha de consulta: 30 de marzo de 2015]. Disponible en <http://tools.ietf.org/html/rfc3118>.
20. Reynolds, R. y Postel, J. *Assigned Numbers* [en línea]. RFC Editor, 1994 [fecha de consulta: 30 de marzo de 2015]. Disponible en <http://tools.ietf.org/html/rfc1700>.
21. Wikipedia contributors. *Trivial File Transfer Protocol* [en línea]. Wikipedia, The Free Encyclopedia, 2015 [fecha de consulta: 23 de marzo del 2015]. Disponible en http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Trivial_File_Transfer_Protocol&oldid=420349261.
22. Colaboradores de Wikipedia. *TFTP* [en línea]. Wikipedia, La enciclopedia libre, 2015 [fecha de consulta: 22 de enero del 2015]. Disponible en <http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=TFTP&oldid=43456459>.
23. Sollins, K. *The TFTP Protocol (Revision 2)* [en línea]. RFC Editor, 1992 [fecha de consulta: 30 de marzo de 2015]. Disponible en <http://tools.ietf.org/html/rfc1350>.
24. Malkin, G. and Harkin, A. *TFTP Option Extension* [en línea]. RFC Editor, 1998 [fecha de consulta: 30 de marzo de 2015]. Disponible en <http://tools.ietf.org/html/rfc2347>.
25. Malkin, G. and Harkin, A. *TFTP Blocksize Extension* [en línea]. RFC Editor, 1998 [fecha de consulta: 30 de marzo de 2015]. Disponible en <http://tools.ietf.org/html/rfc2348>.
26. Wikipedia contributors. *Network File System (protocol)* [en línea]. Wikipedia, The Free Encyclopedia, 2015 [fecha de consulta: 7 de marzo del 2015]. Disponible en [http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Network_File_System_\(protocol\)&oldid=417614529](http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Network_File_System_(protocol)&oldid=417614529).
27. Colaboradores de Wikipedia. *Network File System* [en línea]. Wikipedia, La enciclopedia libre, 2010 [fecha de consulta: 7 de diciembre del 2010]. Disponible en http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Network_File_System&oldid=42352197.
28. Sun Microsystems, Inc. *NFS: Network File System Protocol Specification* [en línea]. RFC Editor, 1989 [fecha de consulta: 30 de marzo de 2015]. Disponible en <http://tools.ietf.org/html/rfc1094>.
29. Callaghan, B.; Pawlowski, B. y Staubach, P. *NFS Version 3 Protocol Specification* [en línea]. RFC Editor, 1995 [fecha de consulta: 30 de marzo de 2015]. Disponible en <http://tools.ietf.org/html/rfc1813>.
30. Shepler, S. et al. *Network File System (NFS) version 4 Protocol* [en línea]. RFC Editor, 2003 [fecha de consulta: 30 de marzo de 2015]. Disponible en

<<http://tools.ietf.org/html/rfc3530>>.

7 Apéndice: ficheros de configuración

7.1 GPXE

```
// En el fichero include/gpxe/dhcp.h se puede configurar los puertos dhcp
// Modificar las siguientes líneas:
#define BOOTPS_PORT 67
#define BOOTPC_PORT 68
// Por los nuevos puertos 1067 y 1068
#define BOOTPS_PORT 1067
#define BOOTPC_PORT 1068
```

7.2 DHCP

```
# Descarga el servidor dhcp
apt-get install dhcp3-server

# Configuración del servidor dhcp
echo "allow bootp;
allow booting;

local-port 67;
remote-port 68;

ddns-update-style none;
default-lease-time 600;
max-lease-time 7200;
log-facility local7;

subnet 163.117.148.0 netmask 255.255.255.0 {
range 163.117.148.141 163.117.148.142;
option routers 163.114.148.2;
option domain-name-servers 163.117.148.240;
option domain-name-servers 163.117.131.31;
option broadcast-address 163.117.148.255;
next-server 163.117.148.140;
filename \"pxelinux.0\";
option root-path \"/nfsroot/diskless\";
}> /etc/dhcp3/dhcpd.conf

# El servidor dhcp se comunica por la interfaz eth0
```



```
echo "INTERFACES=\"eth0\"" > /etc/default/dhcp3-server
```

```
# Reinicio del servidor dhcp
/etc/init.d/dhcp3-server restart
```

7.3 TFTP

```
# Instala el servidor tftp
apt-get install atftpd openbsd-inetd
```

```
# Configuración del servidor tftp
echo "tftp          dgram udp    wait    nobody /usr/sbin/tcpd /usr/sbin/in.tftpd /tftpboot"
> /etc/inetd.conf
```

```
# Configuración del servidor tftp
echo "USE_INETD=true
OPTIONS=\"--tftpd-timeout 300 --retry-timeout 5 --mcast-port 1758 --mcast-addr
239.239.239.0-255 --mcast-ttl 1 --maxthread 100 --verbose=5 /tftpboot\"" > /etc/default/atftpd
```

```
# Creación del directorio para tftp
mkdir /tftpboot
```

```
# Instalación de syslinux
apt-get install syslinux
```

```
# Copia pxelinux.0 necesario para el arranque en el directorio del servidor tftp
cp /usr/lib/syslinux/pxelinux.0 /tftpboot/
```

```
# Creación del directorio del script de arranque para pxe
mkdir /tftpboot/pxelinux.cfg/
```

```
# Creación del script de arranque para pxe
echo "DEFAULT linux
LABEL linux
    kernel diskless/vmlinuz
    append rw console=ttyS0,115200n81 console=tty0 netdev=irq=11,name=eth0
netdev=irq=10,name=eth1 root=/dev/nfs ip=dhcp nfsroot=163.117.148.140:/nfsroot/diskless
panic=100
    #append rw console=ttyS0,115200n81 console=tty0 netdev=irq=11,name=eth0
netdev=irq=10,name=eth1 root=/dev/nfs ip=:::diskless:eth0:dhcp
nfsroot=163.117.148.140:/nfsroot/diskless panic=100" > /tftpboot/pxelinux.cfg/default
```

7.4 NFS

```
# Instalación del servidor nfs
apt-get install nfs-kernel-server
```

```
# Configuración de exports nfs
echo "/nfsroot/diskless 163.117.148.141(rw,no_root_squash,no_subtree_check)" >
/etc/exports
```

```
# Exporta
exportfs -a
```

7.5 Base de datos

```
-- Creación SQL
```

```
CREATE DATABASE diskless;
```

```
USE diskless;
```

```
CREATE TABLE users(
    id INTEGER NOT NULL UNIQUE AUTO_INCREMENT PRIMARY KEY,
    name VARCHAR(20) NOT NULL UNIQUE,
    pass VARCHAR(40) NOT NULL
);
```

```
-- Crea un usuario. Usuario: root. Password: toor
```

```
INSERT INTO users(name,pass)
VALUES("root","435b41068e8665513a20070c033b08b9c66e4332");
```

```
CREATE TABLE computer(
    id INTEGER NOT NULL UNIQUE AUTO_INCREMENT PRIMARY KEY,
    mac VARCHAR(17) NOT NULL UNIQUE,
    name VARCHAR(20) NOT NULL UNIQUE,
    ip VARCHAR(15) NOT NULL UNIQUE,
    os INTEGER
);
```

```
CREATE TABLE permission(  
    id INTEGER NOT NULL,  
    per VARCHAR(20) NOT NULL,  
    PRIMARY KEY (id, per),  
    FOREIGN KEY (id) REFERENCES users(id) ON UPDATE CASCADE ON  
DELETE CASCADE  
);
```

-- Permiso de administrador para root

```
INSERT INTO permission(id,per) VALUES(1,"admin");
```

```
CREATE TABLE os(  
    id INTEGER NOT NULL UNIQUE AUTO_INCREMENT PRIMARY KEY,  
    name VARCHAR(20),  
    owner VARCHAR(20),  
    version VARCHAR(20),  
    dir VARCHAR(50),  
    description TEXT  
);
```

```
CREATE TABLE net(  
    param VARCHAR(25) PRIMARY KEY,  
    valor VARCHAR(25)  
);
```

-- Crea una configuración de red

```
INSERT INTO net VALUES ("localport","67"), ("remoteport","68"), ("subnet",""),  
("mask",""), ("range_ini",""), ("range_end",""), ("gateway",""), ("dns1",""), ("dns2",""),  
("broadcast",""), ("nextserver",""), ("rootpath","");
```

```
CREATE TABLE grupo(  

```

```
id INTEGER NOT NULL UNIQUE AUTO_INCREMENT PRIMARY KEY,  
name VARCHAR(20) UNIQUE  
);  
  
CREATE TABLE computer_grupo(  
    id_group INTEGER,  
    id_computer VARCHAR(17),  
    FOREIGN KEY (id_group) REFERENCES grupo(id) ON UPDATE CASCADE ON  
    DELETE CASCADE  
);
```